



**Vlaanderen**  
is milieu

# Milieuverkenning 2018: Achtergronddocument Oplossingsrichtingen voor het energiesysteem



# Milieuverkenning 2018: Achtergronddocument Oplossingsrichtingen voor het energiesysteem

Erik Laes, Pieter Lodewijks, Nele Renders, Marlies Vanhulsel, Pieter Vingerhoets  
Sustainable Energy and Built environment (SEB)  
VITO/EnergyVille

Jo Goossens, Kris Ooms  
shiftN

**Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA,  
Milieurapport Vlaanderen**

April 2018



## SAMENVATTING

In het najaar van 2018 plant de dienst MIRA de publicatie van een nieuwe milieuverkenning, die zal bestaan uit drie bouwstenen: i) milieu-indicatoren, ii) horizonsscanning (incl. megatrends), en iii) oplossingen die kunnen bijdragen aan een (ecologisch) duurzamer energie-, mobiliteits- en voedingssysteem. In het kader van deze geplande nieuwe milieuverkenning beoogt dit rapport enerzijds de inventarisatie en evaluatie m.b.t. toepassingspotentieel, milieu-impact en haalbaarheid van mogelijke oplossingen die kunnen bijdragen tot een duurzamer energiesysteem in Vlaanderen op de lange termijn (horizon 2050) en anderzijds het in kaart brengen van barrières en hefboomen die moeten weggewerkt of gestimuleerd worden op weg naar een duurzaam energiesysteem.

Om de (ecologische) duurzaamheidsimpact van het energiesysteem verder te doen dalen moet het energiegebruik waar mogelijk beperkt worden door aanpassing van het gedrag (bv. openbaar vervoer of fiets gebruiken i.p.v. de auto), het resterende energiegebruik zo efficiënt mogelijk gebeuren (bv. efficiënte huishoudtoestellen aankopen) en de energieproductie maximaal hernieuwbaar ingevuld worden met respect voor mens en milieu (bv. stroom opwekken met zonnepanelen). Bovendien maakt het groeiende aandeel aan variabele hernieuwbare stroomproductie (wind- en zonne-energie) een betere afstemming tussen elektriciteitsproductie en energiegebruik meer nodig (bv. elektriciteitsgebruik stimuleren bij groot aanbod van hernieuwbare elektriciteit). Deze verschillende opties om het Vlaamse energiesysteem te verduurzamen noemen wij in dit rapport 'oplossingsrichtingen'. Elk van deze vier oplossingsrichtingen – 'energiebesparing door gedragswijziging', 'energiebesparing door energie-efficiëntie', 'verduurzamen van energievraag en -aanbod', en 'afstemmen energievraag op -aanbod' – omvat verschillende mogelijke oplossingen voor de verschillende deelsystemen van het Vlaamse energiesysteem. Een 'mogelijke oplossing' is dus een verandering binnen een bepaald deelsysteem die minstens op één dimensie van de ecologische duurzaamheidsimpact (of milieu-impact) een verbetering kan betekenen. Onder 'duurzaamheidsimpact' begrijpen wij zowel de ecologische duurzaamheidsimpact (of milieu-impact) als de sociale en economische 'haalbaarheid' van de verschillende oplossingen. Onder milieu-impact focussen we vooral op de directe impact veroorzaakt door het energetische eindgebruik in Vlaanderen, waar de uitstoot van broeikasgassen (BKGs) en luchtpolluenten (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, polycyclische aromatische koolwaterstoffen of PAKs, dioxines, fijn stof en zware metalen) de belangrijkste rol spelen. Andere milieu-impacts (zoals bv. in het geval van kernenergie of grondstofgebruik voor batterijen) zullen waar relevant ook aangehaald worden. Haalbaarheid wordt ingeschat op basis van de maatschappelijke betaalbaarheid (afweging van maatschappelijke kosten en baten) en aanvaarding van de oplossing in kwestie.

### *Samenstelling van het rapport*

De structuur van het rapport is opgevat volgens het model van een trechter, waarbij we vertrekkend van een 'long list' van mogelijke oplossingen gaandeweg keuzes maken m.b.t. haalbare en wenselijke oplossingen (van het standpunt van toepassingspotentieel en milieu-impact). Voor deze wenselijke oplossingen brengen we tenslotte de barrières en hefboomen in kaart die respectievelijk nog een ruime toepassing ervan in de weg staat of net tot een versnelde toepassing kunnen leiden. Bij het uitvoeren van deze opdracht konden we ook rekenen op de inbreng van verschillende stakeholders en energie-experts, die op verschillende momenten bij de uitvoering van de studieopdracht betrokken werden via de organisatie van structurele overlegmomenten (cf. Annex 1).



**Hoofdstuk 1** bevat een korte beschrijving van het Vlaamse energiesysteem aan de hand van de belangrijkste kengetallen, de doelstellingen van dit rapport en de gevolgde methodologie en structuur.

**Hoofdstuk 2** van het rapport bevat een uitgebreide inventarisatie van mogelijke oplossingen die kunnen bijdragen tot een meer duurzaam toekomstig energiesysteem in Vlaanderen. Deze mogelijke oplossingen worden systematisch besproken binnen de structuur van de vier oplossingsrichtingen (zie hoger), voor elk van de volgende sectoren:

- Gebouwde omgeving
- Transport
- Industrie
- Landbouw
- Centrale elektriciteitsproductie
- Productie van duurzame biomassa
- Raffinaderijen
- Infrastructuur
- Centrale afstemming energievraag op -aanbod

Voor elk van de geïdentificeerde mogelijke oplossingen binnen deze sectoren en oplossingsrichtingen werd op hoofdlijnen een analyse uitgewerkt van volgende aspecten (cf. Annex 2):

- Toepassingsgraad in het huidige energiesysteem
- Mate van ondersteuning door het beleid (bv. opgelegde doelstellingen, beleidsambities, subsidies, investeringssteun, enz.)
- Technologische maturiteit en toekomstverwachtingen
- Oplijsting van mogelijk relevante duurzaamheidsimpacts en eerste beschouwingen m.b.t. haalbaarheid van de verschillende mogelijke oplossingen

**Hoofdstuk 3** geeft het toepassingspotentieel, de duurzaamheidsimpact en de haalbaarheid van de verschillende mogelijke oplossingen weer. Onder 'toepassingspotentieel' geven we een inschatting weer van de mogelijke toepassingsgraad van de mogelijke oplossingen tot 2050. Tenzij anders vermeld baseren we ons voor deze inschatting vooral op de studie "Roadmap towards a low-carbon Belgium by 2050"<sup>1</sup> (kortweg 'Roadmap-studie') uit 2013 en de uitgebreide sectoranalyses<sup>2</sup> die in het kader van deze studie gebeurden. Voor de inschatting van het toepassingspotentieel baseren we ons op het 'core'-scenario van de Roadmap-studie, dat steunt op een evenwichtige mix van gedragsmatige en technologische oplossingen om de uitstoot van BKGs in België in 2050 met 80% te reduceren. Waar we afwijken van de in deze studie gebruikte veronderstellingen (meestal omdat er sindsdien betere potentieel-inschattingen zijn gemaakt) geven we duidelijk de gebruikte bronnen aan.

---

<sup>1</sup> [http://www.klimaat.be/2050/files/2513/8625/2687/Low\\_Carbon\\_Scenarios\\_for\\_BE\\_2050\\_-\\_Final\\_Report.pdf](http://www.klimaat.be/2050/files/2513/8625/2687/Low_Carbon_Scenarios_for_BE_2050_-_Final_Report.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.klimaat.be/2050/nl-be/analyse-van-scenarios/sectoriele-analyses/>

		DUURZAAMHEIDSPOTENTIEEL					
		MILIEU-IMPACT POTENTIEEL			SOCIO-ECONOMISCHE HAALBAARHEID		
		BKG reductie 2050	Lucht polluenten reductie	Andere milieu-effecten	Kost/betaalbaarheid	Sociaal-maatschappelijk	
E-besparing door gedragsverandering	a	gebouwde omgeving	8 Mton t.o.v. referentiescenario (België), 4.5 Mton (Vlaanderen op basis van 56% huishoudens)	overwegend positief	matig positief	niet berekend	matig negatief
	b	transport	12 Mton t.o.v. referentiescenario (België), 7 Mton (Vlaanderen op basis van 58,4% voertuigkilometers)	overwegend positief	overwegend positief	niet berekend	matig positief
	c	industriële weefsel	opgenomen in andere steekkaarten (chemische sector, ijzer- en staalsector, E--efficiëntie overige industrie, raffinaderijen, koolstofopvang- en opslag of hergebruik, productie van duurzame biomassa). Geen inschatting van verandering in vraag van producten (geproduceerd in Vlaanderen).				
E-besparing door E-efficiëntie	a	gebouwde omgeving	6 Mton residentieel, 3 Mton tertiair t.o.v. referentiescenario (België) 3.4 Mton residentieel (Vlaanderen op basis van 56% huishoudens), 1.7 Mton tertiair (Vlaanderen op basis van 58% toegevoegde waarde tertiaire sector)	overwegend positief	matig negatief	matig negatief	matig positief
Verduurzaming van de E-vraag en -aanbod	a	gebouwde omgeving	8 Mton t.o.v. referentiescenario (België), 4.5 Mton (Vlaanderen op basis van 56% huishoudens)	matig positief	matig negatief	CAPEX luchtwarmtepomp: 9000 - 12600 €; grondwarmtepomp: 14000 € per huishouden 2010	matig negatief
	b	transport	15,73 Mton t.o.v. referentiescenario (België), 9.2 Mton (Vlaanderen op basis van 58,4% voertuigkilometers)	overwegend positief	overwegend positief		neutraal
	c	fotovoltaïsche systemen	5.2 Mton (Vlaanderen)	matig positief	matig negatief	in 2030: CAPEX 800 €/kW, OPEX 46 €/MWh	matig positief
	d	duurzame biomassa	5.6 Mton in niet-ETS sectoren	matig negatief tot matig positief afhankelijk van gebruikte biomassa & technologie	matig negatief	matig negatief afhankelijk van gebruikte biomassa & technologie	neutraal
	e	windenergie- offshore	6.8 - 9.0 Mton tov gascentrale (België), 4.4 tot 5.9 Mton (Vlaanderen op basis van 65% elektriciteitsverbruik in Vl. t.o.v. België)	neutraal tov gascentrale	overwegend positief	in 2030: CAPEX 1800-2300 €/kW, OPEX 63 €/MWh	overwegend positief
	f	windenergie- onshore	2.9 - 3.3 Mton tov gascentrale	neutraal tov gascentrale	overwegend positief	in 2030: CAPEX 1050 €/kW, OPEX 24 €/MWh	neutraal
	g	gedeeltelijk uitstel kernuitstap	TUDELJK (tot 2035), 2.8 Mton in Vlaanderen (op basis van openhouden Doel 4 en Tihange 3, elk ongeveer 1 GW capaciteit)	neutraal	overwegend negatief	1000 €/kW	negatief
	h	koolstofopvang en -opslag of hergebruik	afhankelijk van proces: CO2 nr methanol 420 kton/jr, CO/CO2 nr ethanol 360 kton/jr, CO2 naar algen 36 kton/jr, carbonatatie 96 kton/jr vastgelegd plus 184 kton vermeden	meer onderzoek nodig	afhankelijk proces, hergebruik liefst zo dicht mogelijk bij CO2 bron	afhankelijk proces, algemeen zullen inkomsten uit CO2-emmissierechten doorslaggevend zijn	overwegend positief voor hergebruik overwegend negatief voor opslag
	i	raffinaderijen	62% reductie in de sector en buiten sector (Bij eenzelfde productieniveau als in 2014 vertegenwoordigt dit 2.9 Mton reductie)	62% reductie in de sector en buiten sector	positief	overwegend positief	neutraal
Afstemming E-vraag op E-aanbod	a	gebouwde omgeving	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	neutraal	neutraal
	b	elektriciteitstransmissie	overwegend positief	overwegend positief	mogelijk negatief	neutraal	mogelijk negatief
	c	distributie van elektriciteit	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	neutraal	neutraal	mogelijk negatief
	d	warmtenetten en geothermie	overwegend positief	overwegend positief tenzij voor biomassa	mogelijk vragen rond duurzaamheid biomassa	hoge CAPEX, OPEX afhankelijk van gebruikte warmtebron	matig negatief
	e	opslag van elektriciteit	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	matig negatief	matig negatief	neutraal
	f	power to gas	179 g CO2/kWh tov verbranding aardgas	neutraal tot overwegend positief tov verbranding aardgas en gebruik in transportsector	neutraal	overwegend negatief	neutraal
Buiten categorie INDUSTRIE	a	chemie	4.7 Mton (energetisch + proces)	processpecifiek	processpecifiek	CO2 prijzen van 150-200 €/t nodig voor diepe decarbonisatie (CCS of CCU, gebruik waterstof, groen chemie)	mogelijk negatief, sector blootgesteld aan internationale competitie
	b	ijzer- en staalsector	3.2 Mton	matig tot overwegend positief	meer onderzoek nodig	CO2 prijzen van 150-200 €/t nodig voor diepe decarbonisatie (CCS of CCU, gebruik waterstof, groen chemie)	mogelijk negatief, sector blootgesteld aan internationale competitie
	c	overige industrie	3.3 Mton	overwegend positief, uitgezonderd gebruik van biomassa	neutraal	afhankelijk van situatie, elektrificatie vereist hoge gasprijs	overwegend positief

5-10 Mton CO2 in Vlaanderen
2-5 Mton CO2 in Vlaanderen
< 2 Mton CO2 in Vlaanderen
overwegend positief

Onder ‘milieu-impact’ geven we een inschatting over de impact van het toepassingspotentieel op de uitstoot van broeikasgassen<sup>3</sup>, luchtpolluenten, en eventuele andere milieu-impacts. De in het rapport opgenomen samenvattende tabellen geven verder nog informatie op hoofdlijnen over mogelijk andere milieu-impacts en de maatschappelijke aanvaardbaarheid. Onder ‘haalbaarheid’ geven we een inschatting over de maatschappelijke betaalbaarheid van de mogelijke oplossingen en de mate waarin de mogelijke oplossingen al dan niet aanleiding kunnen geven tot maatschappelijke weerstand. De inschattingen m.b.t. toepassingspotentieel, duurzaamheidsimpact en socio-economische haalbaarheid van de verschillende mogelijke oplossingen werden getoetst aan het oordeel van energie-experts en vertegenwoordigers van verschillende relevante sectoren tijdens een expertworkshop (cf. Annex 3 voor de resultaten van de workshop). Bovenstaande tabel vat de ingeschatte toepassingspotentiëlen en duurzaamheidsimpacts voor de verschillende oplossingen samen.

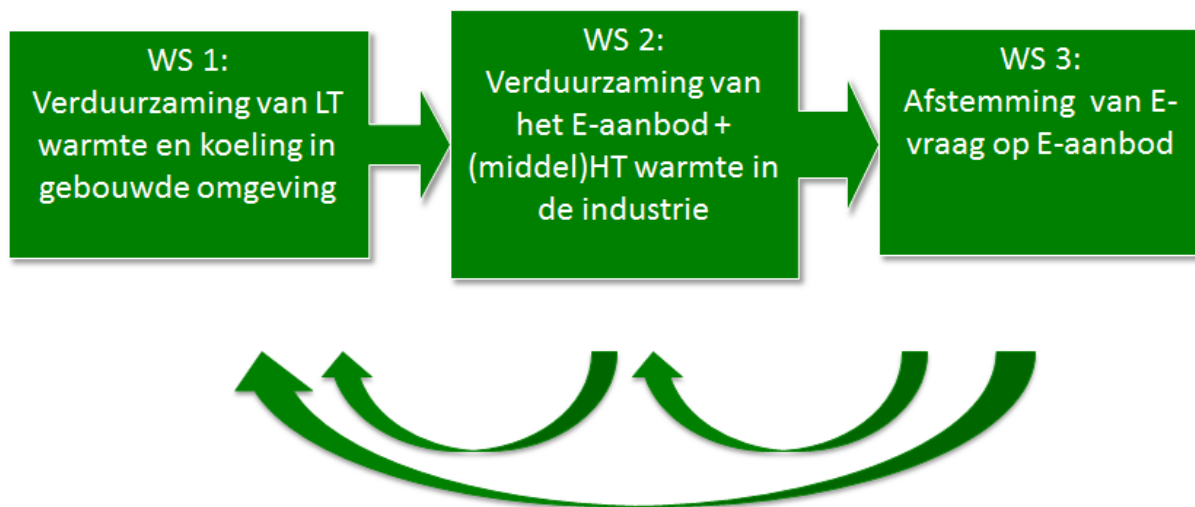
**Hoofdstuk 4** van dit rapport beschrijft tenslotte welke barrières en hefbomen hun invloed kunnen uitoefenen, en op welke manier, bij een transitie naar een duurzaam energiesysteem tegen 2050. Hierbij wordt een toekomstbeeld als eindpunt (doelstelling) gehanteerd, en wordt vervolgens voor de verschillende in hoofdstuk 3 beschreven oplossingen en innovaties een traject uitgetekend met aanduiding van welke barrières moeten overwonnen worden, welke hefbomen nodig zijn en welke actoren daar een rol spelen. Om tot voldoende gedetailleerde analyses en aanbevelingen te komen werd met de opdrachtgever afgesproken om drie workshops te organiseren. Hiertoe was het nodig om het energiesysteem Vlaanderen op te splitsen in drie deeldomeinen, zonder echter de verbanden tussen deze domeinen uit het oog te verliezen. Er werd hierbij enigszins afgeweken van de in de voorgaande hoofdstukken gehanteerde opsplitsing in de verschillende oplossingsrichtingen:

- verduurzaming van de voorziening van lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving: dit deeldomein groepeerde alle oplossingen m.b.t. warmte- en koude voorziening die besproken worden voor de gebouwde omgeving (sectie 3.1.1, 3.1.2 en 3.1.3) en warmtenetten (sectie 3.5.1);
- verduurzaming van het energieaanbod, aangevuld met de voorziening van hoge temperatuurwarmte in de industrie: dit deeldomein groepeerde alle oplossingen m.b.t. windenergie (sectie 3.4.1 en 3.4.2), fotovoltaïsche energie (sectie 3.1.4), kernuitstap (sectie 3.4.3), en duurzame biomassa (sectie 3.4.5). De industriële vraag naar hoge temperatuurwarmte werd generiek beschouwd, op basis van de totale vraag (niet opgesplitst naar specifieke deeltakken);
- afstemming van energievraag op -aanbod: dit deeldomein groepeerde alle oplossingen besproken voor de gebouwde omgeving (sectie 3.1.5) en m.b.t. de centrale afstemming van vraag op aanbod (sectie 3.6).

---

<sup>3</sup> Voor wat de berekende impact op de uitstoot van broeikasgassen betreft willen we nog opmerken dat we hier de impact berekenen van afzonderlijke maatregelen. Omdat we geen rekening houden met scenario’s die maatregelen in hun onderlinge samenhang beschrijven geeft de berekening hier een vertekend beeld waardoor de impacts niet zomaar opgeteld mogen worden om het totale BKG-reductiepotentieel voor Vlaanderen te bepalen. Bijvoorbeeld: de berekening van het BKG-reductiepotentieel door de inzet van innovatieve verwarmingstechnologie in de gebouwde omgeving gebeurt t.o.v. het referentiescenario dat in de Roadmap-studie beschreven wordt. In combinatie met een verder doorgedreven energie-efficiëntie (door renovatie en nieuwbouw) in de gebouwde omgeving zal het overblijvende potentieel om de BKG-uitstoot te reduceren door innovatieve verwarmingstechnologie (gezien de kleinere overblijvende warmtevraag) uiteraard kleiner zijn. De hier beschreven BKG-reducties moeten dus eerder als een indicatie van het mogelijke belang van verschillende maatregelen geïnterpreteerd worden.





Bovendien werd bij de planning van de workshops rekening gehouden met de mogelijke interacties tussen de deeldomeinen (cf. bovenstaande figuur): vermits elektrificatie van de LT-warmtevoorziening deel uitmaakt van workshop 1 werd de output van workshop 1 gebruikt als deelininput voor workshop 2, en vermits inschattingen omtrent de inzet van fluctuerende hernieuwbare energiebronnen deel uitmaakt van workshop 2 werd de output van workshop 2 gebruikt als deelininput voor workshop 3.

#### *Bevindingen uit de workshops en conclusies*

Voor elk deeldomein werd op basis van bestaande visiedocumenten of beleidsintenties een richtinggevend visie uitgewerkt. Deze visie was voor elke workshop gebaseerd op de overkoepelende principes die opgenomen zijn in onderstaand kaderstuk.

Voor wat het deeldomein **‘verduurzaming van de voorziening van lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving’** betreft bleek duidelijk dat de meeste voorgestelde barrières en hefbomen betrekking hebben op de korte termijn (tot 2020). Er is dus sprake van een grote urgentie.

Energiebesparing vormt de hoeksteen van het transitietraject ‘verduurzaming van de voorziening van LT warmte en koude in de gebouwde omgeving’. De geconsulteerde experts verwezen vooral naar het in voege zijnde Renovatiepact en de acties die in het kader van dit pact ondernomen worden. Er werd vooral gewezen op de enorme uitdaging om de renovatiesnelheid van het bestaande gebouwenpark aan te pakken, die de laatste jaren tussen de 0,5% tot 1% schommelt. Om die transitie-uitdaging aan te gaan moet deze snelheid volgens de deelnemers aan de workshop minstens verdubbeld worden. Verschillende ideeën voor een betere ‘ontzorging’ van huiseigenaars werden geopperd, bv. het aanwenden van de ‘woningpas’ – een concept dat momenteel in het kader van het Renovatiepact wordt uitgewerkt – om voor elke woning een passend energetisch renovatietraject (rekening houdend met de geldende beleidsvisies op verschillende niveaus – zie boven) uit te zetten. Bij verkoop van de woning kan aan de nieuwe eigenaars de verplichting opgelegd worden om bepaalde stappen van dit renovatietraject binnen een gepaste termijn (bv. 5 jaar) uit te voeren. Het concept ‘ontzorging’ zou verder ook nog de acties van een ‘derde partij’ kunnen omvatten, die in opdracht van de huiseigenaar het hele renovatietraject coördineert en implementeert. Een meer radicaal idee zou zijn om het kadastraal inkomen aan te passen aan de



energieprestatie van de woning, ook rekening houdend met de locatie van de woning. Een betere energieprestatie zou dan beloofd kunnen worden door een lager kadastraal inkomen. Dit zou een sterke incentive kunnen creëren voor huishoudens om te investeren in energiebesparing.

*Op de top van de Verenigde Naties op 25 september 2015 hebben de 193 lidstaten van de Verenigde Naties (VN) een nieuw programma goedgekeurd met 17 doelstellingen voor duurzame ontwikkeling ('Sustainable Development Goals' of SDGs). Deze hebben betrekking op milieu, klimaat, sociale vooruitgang en economische groei. Met name SDG 7, 11, 12 en 13 zijn van richtinggevend belang voor het energiesysteem:*

*7 = "Affordable and clean energy"*

*11 = "Sustainable cities and communities"*

*12 = "Responsible production and consumption"*

*13 = "Climate action"*

*SDGs 7, 11 en 12 hebben betrekking op het minimaliseren van de algemene duurzaamheidsimpact van het energiesysteem. Hierbij denken we aan milieu-impacts zoals de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs), dioxines, fijn stof en zware metalen), watervervuiling, ruimtebeslag, grondstofgebruik (en geassocieerde impacts, zoals bv. in het geval van batterijen) en andere milieu-impacts (zoals bv. in het geval van kernenergie). Dit alles moet op een betaalbare en maatschappelijk haalbare manier gerealiseerd worden. In het interfederale Energiepact wordt dit verwoord als het nastreven van een 'drievoudig optimum':*

- Milieu-efficiëntie: de koolstofarme samenleving, de vermindering van de milieueffecten op de hele levenscyclus (natuurlijke hulpbronnen, verontreinigende stoffen, afval, enz.) en de beheersing van emissies van andere verontreinigende stoffen.*
- Economische efficiëntie: het potentieel om nieuwe lokale activiteiten te creëren, het effect van deze strategie op de productiekosten van bedrijven en het concurrentievermogen in het algemeen (bevoorradingszekerheid, aanpassing aan de klimaatverandering, innovatie ...).*
- Sociale efficiëntie: het in de hand houden van de kost van deze overgang om de kosten en baten eerlijk en proportioneel te verdelen tussen de huidige en toekomstige generaties, waarbij ervoor moet worden gezorgd dat alle burgers tijdens de transitie worden begeleid (solidariteitsmechanisme).*

De nog overblijvende lage temperatuur warmtevraag moet vervolgens ingevuld worden door duurzame warmtebronnen. In principe zijn er drie mogelijkheden: warmtenetten (gevoed door restwarmte of duurzame bronnen zoals biomassa of geothermie), de 'all-electric' oplossing (warmtepompen) of individuele verwarming op basis van biomassa of groen gas. De uitrol van warmtenetten op grote schaal stoot aan tegen diverse barrières voor de verschillende betrokken partijen, gaande van de bewoners (particuliere afnemers) tot de warmteproducenten en financiers. Dit verklaart waarom de geconsulteerde experts veel potentieel zien in de rol van een 'warmtemakelaar'. Deze warmtemakelaar zou actief op zoek gaan naar mogelijke warmtebronnen die op een warmtenet kunnen aangesloten worden (bv. restwarmte uit de industrie), en probeert die bronnen te koppelen aan mogelijke afnemers, en op deze basis alle betrokken partijen rond de tafel te brengen om te zoeken naar voor iedereen aanvaardbare oplossingen. De 'all-electric' oplossing is vooral van toepassing op nieuwbouwwoningen of bestaande woningen die grondig energetisch gerenoveerd werden, en waar de aanleg van een warmtenet niet haalbaar blijkt. Voor gebouwen die niet op een warmtenet kunnen aangesloten worden, en waar geen mogelijkheid is om tot een 'all-electric' oplossing over te gaan, moet tenslotte gedacht worden aan oplossingen zoals







Wat de inzet van specifieke technologieën betreft wordt veel verwacht van de ontwikkeling van offshore windenergie op het Belgische deel van de Noordzee en daarbuiten. Op de lange termijn wordt veel verwacht van de ontwikkeling van een modulair net of 'stopcontact op zee'. Dit houdt in dat windmolenparken in de Noordzee aangesloten worden op een hoogspanningsstation dat op een platform in zee kan worden gebouwd. Op lange termijn zal dit modulaire net dan worden aangesloten op een internationaal platform door middel van gelijkstroomverbindingen, waarmee grotere vermogens op langere afstanden vervoerd kunnen worden. Er is sprake van een totaal potentieel van 150-250 GW windenergie op de Noordzee. Met deze verbindingen kan windenergie ook opgeslagen worden in daarvoor voorziene infrastructuur (bv. energie-atollen) of omgezet in waterstof bij periodes van overaanbod. Dit nieuwe net in de Noordzee zou dus zelfs bij windstilte de bevoorradingszekerheid kunnen verzekeren. Op de lange termijn zou er zelfs sprake kunnen zijn van het uitbouwen van een 'energie hub' op de Noordzee, die naast offshore parken ruimte zou bieden voor bv. algenkweek, golfslagenergiecentrales, drijvende PV-platformen, enzovoort.

Wat onshore windenergie betreft wordt een continue evolutie naar meer rendabiliteit verwacht (op basis van materiaalverbeteringen, grotere masthoogtes en rotordiameters), zonder spectaculaire kostenreducties. Beleidsmatig werd het meest verwacht van het 'fast-lane' initiatief van de Vlaamse overheid, dat voor diverse ambitieniveaus nagaat waar er het best windturbines geplaatst kunnen worden om de hinder te beperken. Daarbij wordt afgetoetst wat de impact zou zijn als bepaalde ruimtelijke randvoorwaarden die nu gelden aangepast zouden worden. Dat laat toe om te discussiëren over welke ruimtelijke beperkingen al dan niet moeten gelden om tegelijkertijd de gewenste ambitie te realiseren en de hinder te beperken. Voorts zagen de deelnemers aan de workshop een belangrijke rol weggelegd voor het lokale beleid bij het actief ondersteunen van lokale windenergieprojecten. Tot op heden blijkt echter dat de grootste groep tegenstanders van onshore windturbines de lokale overheden zijn. Burgemeesters en schepenen stellen zich soms ronduit negatief op t.o.v. lokale windmolenparken, zelfs al ondertekenden ze nog tijdens hun bestuursperiode het Burgemeestersconvenant, waarbij ze zich engageren voor een klimaatneutrale gemeente.

Op het gebied van PV wordt eveneens veel verwacht van lopende beleidsinitiatieven die een betere benutting van het aanzienlijke technische potentieel in het vooruitzicht stellen. Zo werd het zonnekaart-initiatief positief onthaald. Ook nieuwe beleidsinitiatieven zoals het salderen op afstand<sup>5</sup>, het zonnedelen, of het vervangen van asbesthoudende daken door PV-daken worden als noodzakelijk gezien om investeringen in PV-systemen voor een groter doelpubliek bereikbaar te maken. Op korte termijn speelt wel een onduidelijkheid rond de hervorming van de regelgeving voor prosumenten (aanschaffing van het systeem van de terugdraaiende teller in ruil voor een nog niet nader bepaalde compensatie), die mogelijk nadelig is voor rendabiliteit PV installatie (teneinde de doelstelling van rationeel netgebruik te bewerkstelligen). Aan de horizon lonkt de toepassing van 'building-integrated PV', een technologie die de beschikbare oppervlakte voor PV-toepassingen aanzienlijk kan verhogen (integratie in ramen, gevels, dakpannen enz.).

Wat de inzet van biomassa betreft, zien de deelnemers aan de workshop op de lange termijn vooral potentieel in de productie van groen gas en groene vloeibare transportbrandstoffen. Vlaanderen heeft zelf maar een beperkt aanbod van duurzaam geproduceerde biomassa, vooral in de vorm van rest- en afval-

---

<sup>5</sup> Bij salderen op afstand worden zonnepanelen op iemand anders eigendom (bv. scholen, parkeergebouwen, kerken, enz.) geplaatst, en de opgewekte energie gesaldeerd op de elektriciteitsfactuur van de investeerder. Dit wil zeggen dat de opbrengst van de PV-installatie (in kWh) evenredig over de investeerders verdeeld wordt en afgetrokken wordt van de door de investeerder gebruikte hoeveelheid elektriciteit.

stromen. Deze rest- en afvalstromen worden best zo nuttig mogelijk ingezet (in het kader van een strategie van rationele afvalverwerking), waarbij rekening gehouden moet worden met het cascadeprincipe: in eerste instantie een zo hoogwaardig mogelijk verbruik door eerst het materiaal te hergebruiken alvorens het in te zetten als energiebron. Wat de energetische toepassingen van biomassa betreft werd verder nog vermeld dat het potentieel momenteel nog onderbenut blijft omwille van de relatief lage prijzen van fossiele alternatieven. Tevens waren de deelnemers aan de workshop de mening toegedaan dat de energetische toepassing van biomassa momenteel met een imagoprobleem te kampen heeft (waarbij alle toepassingen op een hoop worden gegooid), terwijl de reële milieu-impact van de verbranding van biomassa sterk afhangt van het type biomassa en de gebruikte technologie.

De **verduurzaming van het industriële energiegebruik** in Vlaanderen is omringd door grote onzekerheden. Enerzijds speelt de onzekerheid rond de ontwikkeling van de industrie in Vlaanderen. Volgens sommigen zal onze economie evolueren naar een niche-economie, die zich toelegt op hoogwaardige, marktgerichte productie. In die visie verschuift het meest energie-intensieve deel van de huidige industriële productie wellicht naar andere regio's in de wereld. In dat scenario zou de energievraag van de industrie in Vlaanderen kwalitatief en kwantitatief grondig veranderen. Anderen zijn dan weer van oordeel dat de tegenstelling tussen niche-economie en basiseconomie een valse tegenstelling is. Het vertrek van de basisindustrie zou daarbij ook de productie van hoogwaardige goederen, die ermee verbonden is, onder druk zetten en het geheel van de economie in een neerwaartse spiraal brengen. Omgekeerd verankert de productie van hoogwaardige producten ook de basisindustrie in onze regio. Tevens wijzen vertegenwoordigers van de energie-intensieve industrie erop dat een verplaatsing van de industriële productie naar andere regio's geen oplossing vormt voor het mondiale klimaatprobleem – integendeel zelfs, vermits de productie in die regio's vaak minder energie-efficiënt is. In algemene zin moet ook opgemerkt worden dat Vlaanderen beschikt over industriële activiteiten die een belangrijke rol kunnen spelen in de transitie naar een koolstofarme economie (bv. productie van isolatiematerialen en lichtgewicht materialen in de chemische sector, recyclage van (auto)batterijen in de non-ferro industrie, enz.). Innovatie biedt deze bedrijven ook concurrentievoordelen, schept werkgelegenheid en vergroot het export-potentieel. Er is dus zeker potentieel om de verduurzaming van het energiesysteem als een kans aan te grijpen voor de verdere uitbouw en/of heroriëntatie van deze industriële activiteiten.

Ook voor wat betreft de verduurzaming van de Vlaamse industriële energievraag in 2050 zijn er nog grote onzekerheden en onduidelijkheden. Belangrijke Europese sectorfederaties (zoals CEFIC voor de chemie, EUROFER voor de staalindustrie, CEPI voor de papierindustrie, enz.) hebben al roadmaps opgemaakt waarin ze de opties oplistten om in 2050 bij te dragen aan een koolstofarme economie. Maar tegelijkertijd legt de industrie in Vlaanderen hier minder concrete plannen voor een koolstofarme sector voor in vergelijking met andere sectoren. Een concrete richtinggevende visie op een duurzame (koolstofarme) industrie in Vlaanderen is er nog niet. Deels komt dat doordat de benodigde technologie vaak nog niet beschikbaar of momenteel te duur is. Bovendien is de Vlaamse industriële activiteit in internationaal perspectief relatief energie-intensief en grotendeels op fossiele energie gebaseerd. Daarom zal de benodigde energietransitie naar een koolstofarme energievoorziening juist in Vlaanderen leiden tot relatief grote veranderingen.

Het deeldomein '**afstemming van de energievraag op het -aanbod**' wordt gezien als een domein dat volop in ontwikkeling is. Hoewel hier en daar al lokale problemen van spanningskwaliteit zich voordoen, is de huidige penetratiegraad van variabele hernieuwbare energiebronnen zoals zonne- en windenergie is nog niet van die aard dat een grootschalige toepassing van oplossingen m.b.t. afstemming van energievraag op -aanbod zich al opdringt. Dergelijke grootschalige toepassing wordt eerder in de periode 2030-2050 verwacht. De meeste technologische oplossingen zijn al gekend en kunnen op commerciële schaal



toegepast worden (eerste nichemarkten bestaan al), maar om het hele deeldomein in een versnellingsfase te brengen moet de 'ondernemersmotor' verder aangezwengeld worden. Omdat het domein volop in ontwikkeling is en dus met vele onzekerheden wordt geconfronteerd, is het onmogelijk om op voorhand te voorspellen welke ondernemersactiviteiten zich precies zullen of zouden moeten ontwikkelen.

In algemene zin werd door de geconsulteerde experts opgemerkt dat voor elke mogelijk toepassing geldt dat ze zich maar zal ontwikkelen als er voor ondernemers een positieve business case kan aan gekoppeld worden. Dit is voor het merendeel van de mogelijke innovaties nu nog niet het geval (= algemene barrière, die we dus niet telkens apart vermelden voor alle mogelijke innovaties). Tevens werd in algemene zin opgemerkt dat de ontwikkeling van de markt voor afstemmingsoplossingen ook samenhangt met ontwikkelingen op de energiemarkt (= algemene hefboom). Bijvoorbeeld: een stijgende koolstofprijs op de Europese ETS-markt kan de integratie van hernieuwbare energieopwekking (en afstemming van de productieprocessen op het aanbod) op bedrijfsniveau aantrekkelijk maken. Tenslotte is het voor de overheid ook belangrijk om een duidelijk beeld te krijgen van de maatschappelijke meerwaarde van verschillende innovaties (welke maatschappelijke baat leveren ze tegen welke kostprijs) om op basis van deze inschatting eventueel via gerichte initiatieven ondernemerschap te stimuleren. Subsidies voor opslagtechnologieën zijn uiteraard een algemene hefboom om de marktopname van deze technologieën te bevorderen. Echter is het uiterst belangrijk wanneer beslist wordt om over te gaan op steunmechanismen voor opslag dat er zorgvuldig onderzocht wordt wat de maatschappelijke 'return on investment' is, wie de opslagcapaciteit controleert en hoe de interactie met het net verloopt.

Als algemene hefbomen voor het ontwikkelen van afstemmingsoplossingen werden de uitrol van de digitale meter en het EU 'clean energy package' aangehaald. Vanaf begin 2019 wordt gestart met de verplichte uitrol van digitale elektriciteits- en gasmeters bij nieuwbouw, verplichte metervervanging en ingrijpende renovatie, nieuwe en bestaande decentrale productie, budgetmeters en op vraag. Een volledige vervanging van bestaande meters is aan de orde zodra de digitale meter een bepaalde kritische penetratiegraad heeft bereikt; naar verwachting zouden alle Vlaamse gezinnen tegen 2035 over een digitale meter beschikken.

Wat het lokaal afstemmen van de elektriciteits- en/of warmtevraag op het elektriciteitsaanbod betreft zien de geconsulteerde experts op de korte termijn vooral mogelijkheden voor de slimme controle van energiesystemen op het niveau van individuele huishoudens of KMOs. Deze vergen een eerder beperkte investering, waardoor deze toepassingen veel dichterbij de markt staan. Voor zonnepanelen kunnen bijvoorbeeld passieve systemen uitgewerkt worden (bv. het onder dimensioneren van de invertor) die een vlottere integratie in het net kunnen bewerkstelligen. Anders dan bij batterijopslag, waar vooral economische beperkingen nog steeds een massale uitrol verhinderen, is een toename van slimme controle vaak een kwestie van regulering. Bij een voldoende groot aandeel elektrische voertuigen (naar verwachting op de middellange termijn, 2025-2030) biedt slim laden en de 'vehicle2grid' technologie een interessante opportuniteit om de autobatterijen ook in te schakelen bij het afstemmen van de energievraag op het -aanbod. Een nadeel van de 'vehicle2grid' toepassing is nu echter nog dat door het frequent afwisselen van op- en ontladcycli de levensduur van de batterij in negatieve zin beïnvloed wordt. De geconsulteerde experts achtten het echter zeer waarschijnlijk dat hier in de toekomst wel een oplossing voor zou gevonden worden. Voor appartementsgebouwen, wijken of stadsdelen zagen de geconsulteerde experts de toepassing van microgrids als een interessante piste. De energievraag van de bewoners van het appartementsgebouw zou dan zoveel mogelijk afgestemd worden op de decentrale productie binnen het gebouw



zelf (bv. PV panelen op het dak, een WKK of warmtepomp met warmtebuffer in de kelder), zodat de aansluiting met het distributienet zo weinig mogelijk belast wordt. Om dit mogelijk te maken moet echter het salderen van de PV-productie mogelijk gemaakt worden<sup>6</sup>.

Op het gebied van een verdere uitbreiding van actieve vraagsturing op systeemniveau (het verschuiven van de energievraag in de tijd naargelang de kost van de elektriciteit op de markt) zien de geconsulteerde experts een uitbreiding van deze vraagsturing in het energiesysteem tot het residentiële niveau, waar aggregatoren als nieuwe marktpartijen naar verwachting commerciële activiteiten zullen ontplooiën. Tevens zouden energieleveranciers naar verwachting in de nabije toekomst dynamische (tijdsvariabele) tarieven in hun marktaanbod opnemen. Eén van de cruciale vragen is echter of de doorsnee residentiële consument zal kunnen/willen deelnemen aan die ontluikende flexibiliteitsmarkt en zijn vraag zal verschuiven in de tijd. Uit proefprojecten blijkt dat de installatie van de nodige slimme aansturing van apparaten niet altijd evident is en het potentieel voor kostenreductie op de factuur beperkt. Op langere termijn zal het naar verwachting interessanter worden voor residentiële klanten om ook deel te nemen aan de flexibiliteitsmarkt, als de elektrificatie van de warmtevoorziening (op basis van warmtepompen) en het transport (elektrisch aangedreven voertuigen) een ruimere toepassing kennen. In de toekomst is het volgens de geconsulteerde experts niet ondenkbaar dat bestaande of nieuwe spelers in de energiemarkt businessmodellen zullen ontwikkelen die gebaseerd zijn op het concept van de totale ontzorging van energiediensten voor huishoudens, KMOs of appartementsgebouwen. Een dergelijk 'ontzorgingsmodel' is erop gebaseerd dat aan de klant bepaalde energiediensten gegarandeerd worden (bv. voldoende warmte-comfort, voldoende elektriciteit voor gespecificeerde gebruiken, enz.) die geleverd worden door op basis van een optimale combinatie van vraagsturing, energieopslag en decentrale energieopwekking die de 'ontzorger' ter plekke voorziet. De klant betaalt een maandelijks bedrag voor de energiediensten en hoeft dus zelf niet meer te investeren in de nodige infrastructuur.

Op de lange termijn, wanneer naar verwachting hernieuwbare energiebronnen een aanzienlijk percentage van de energievoorziening voor hun rekening zullen nemen, zullen 'power-to-gas' toepassingen aan belang winnen. Als opslagmedium kan waterstof complementair zijn aan batterijen; door waterstof in het gasnet te injecteren kan het immers als seizoensopslag gebruikt worden. Om deze toepassing te faciliteren moet het gasnet wel aangepast worden voor bijmenging met waterstof. Naar verwachting van sommige geconsulteerde experts moet het uitfaseren van het gasnetwerk in Vlaanderen op een termijn van 100 jaar bekeken worden, eerder dan 2050 als horizon te hanteren. Dit zou betekenen dat er nog gedurende een lange overgangperiode een rol is weggelegd voor groen gas in het Vlaamse energiesysteem. Het waterstof geproduceerd door elektrolyse kan niet alleen gebruikt worden voor energieopslag maar ook als grondstof voor bijvoorbeeld olieraffinaderijen of voor het opwerken van biogas tot aardgaskwaliteit. Een stimulans voor groen geproduceerde waterstof (bv. naar analogie van het systeem van groene stroom-certificaten) kan een hefboom zijn voor de uitrol van elektrolyse. 'Power-to-methane' zal enkel toegepast worden als er een overschot is aan waterstofproductie. Naar verwachting van de geconsulteerde experts zal dergelijk overschot zich voor 2050 niet voordoen, en zijn de kansen voor 'power-to-methane' binnen de horizon van deze denkoefening dus eerder beperkt.

---

<sup>6</sup> Salderen van de PV-productie betekent dat de totale opbrengst van de PV-installatie (uitgedrukt in kWh) van de collectieve woonvoorziening in mindering gebracht wordt van het elektriciteitsverbruik van de bewoners van de woonvoorziening a rato van hun aandeel in de investering in de installatie.



## Conclusies

Op basis van de inschattingen m.b.t. tot de duurzaamheid en haalbaarheid van mogelijke oplossingen voor het Vlaamse energiesysteem dringen volgende transitiepaden zich op als het meest wenselijk voor de verschillende deeldomeinen:

- Energiebesparing vormt de hoeksteen van het transitietraject **verduurzaming van de voorziening van lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving**. De geconsulteerde experts wezen vooral op de enorme uitdaging om de renovatiesnelheid van het bestaande gebouwenpark aan te pakken, die de laatste jaren tussen de 0,5% tot 1% schommelt. Om die transitie-uitdaging aan te gaan moet deze snelheid volgens de geconsulteerde experts minstens verdubbeld worden. De nog overblijvende lage temperatuur warmtevraag moet vervolgens ingevuld worden door duurzame warmtebronnen. In principe zijn er drie mogelijkheden: warmtenetten (gevoed door restwarmte of duurzame bronnen zoals biomassa of geothermie), de ‘all-electric’ oplossing (warmtepompen) of individuele verwarming op basis van biomassa of groen gas. Visievorming en strategische beleidsvoering (met een belangrijke rol voor het lokale niveau) moet een antwoord geven op de vraag welke duurzame energienetwerken specifiek voor verschillende Vlaamse buurttypologieën wenselijk en haalbaar zijn.
- Voor wat betreft de **verduurzaming van het energieaanbod** is de consensus over het toepassingspotentieel en gewenste duurzaamheidsimpact van hernieuwbare energie in Vlaanderen groot. Omwille van de bestaande wet op de kernuitstap, de bevestiging ervan in het regeerakkoord en in het Energiepact wordt kernenergie niet als een wenselijke oplossing gezien voor het energiesysteem in Vlaanderen in 2050. CCS in de elektriciteitsproductie werd eveneens algemeen niet gezien als een wenselijke oplossing, omwille van de technische en financiële moeilijkheden met demonstratieprojecten en de onzekerheid m.b.t. opslagmogelijkheden in het buitenland. Rekening houdend met de Europese scenario’s (en in de veronderstelling dat in Vlaanderen 80% tot 97% van de elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen zou gebeuren, en geen structurele netto-importeur van elektriciteit is) zou 62 tot max. 85 TWh hernieuwbare elektriciteit geproduceerd moeten worden in 2050. Deze vooropgestelde visie voor 2050 werd algemeen aanvaard als een haalbare maar niettemin ambitieuze doelstelling. De ondersteuning van hernieuwbare energieproductie werd als een redelijk matuur beleidsdomein gezien waar het nodige beleidsinstrumentarium vooral gedurende het afgelopen decennium al vorm heeft gekregen. Tevens overheerst de opvatting dat de meeste technologieën al beschikbaar zijn en er weinig radicale nieuwe doorbraken te verwachten zijn; het is dus vooral zaak om een grote markt te creëren voor de bestaande hernieuwbare oplossingen.
- Voor wat de **verduurzaming van de Vlaamse industriële energievraag** in 2050 betreft zijn er nog grote onzekerheden en onduidelijkheden, zowel m.b.t. de aard en omvang van de industriële activiteiten, als de invulling van de overblijvende energievraag. Belangrijke Europese sectorfederaties hebben al roadmaps opgemaakt waarin ze de opties oplistten om in 2050 bij te dragen aan een koolstofarme economie. Maar tegelijkertijd legt de industrie in Vlaanderen hier minder concrete plannen voor een koolstofarme sector voor in vergelijking met andere sectoren. Een concrete richtinggevende visie op een duurzame (koolstofarme) industrie in Vlaanderen is er nog niet.
- Voor wat de **afstemming van de energievraag op het -aanbod** betreft werd door de geconsulteerde experts vooral opgemerkt dat de mogelijke oplossing opgevat moeten worden als ‘enablers’ van een duurzaam energiesysteem, omdat ze op zichzelf geen positieve milieu-impact veroorzaken maar indirect, door de integratie van hernieuwbare energie te bevorderen. Batterijen werden aanzien als een goede ‘enabler’, terwijl de milieu-impact bij productie en grondstofontginning een belangrijk aandachtspunt blijft. ‘Curtailment’ of slimme controle van decentrale productie is een mogelijkheid om



meer decentrale productie haalbaar te maken, zonder de zware investeringslast die gepaard gaat met de uitbreidingen van netten. Op de lange termijn, wanneer naar verwachting hernieuwbare energiebronnen een aanzienlijk percentage van de energievoorziening voor hun rekening zullen nemen, zouden 'power-to-gas' toepassingen aan belang kunnen winnen. De meeste technologische oplossingen zijn volgens de geconsulteerde experts al gekend en kunnen op commerciële schaal toegepast worden (eerste nichemarkten bestaan al), maar om het hele deeldomein in een versnellingsfase te brengen moet de 'ondernemersmotor' verder aangezwengeld worden. Omdat het domein volop in ontwikkeling is en dus met vele onzekerheden wordt geconfronteerd, is het onmogelijk om op voorhand te voorspellen welke ondernemersactiviteiten zich precies zullen of zouden moeten ontwikkelen.



## SUMMARY

In the autumn of 2018, the MIRA department is planning to publish a new environmental outlook, which will consist of three building blocks: i) environmental indicators, ii) horizon scanning (incl. megatrends) and iii) solutions that may contribute to an (ecologically) more sustainable energy, mobility and food system. As part of this planned new environmental outlook, this report aims on the one hand to identify and evaluate the application potential, environmental impact and feasibility of possible solutions that may contribute to a more sustainable energy system in Flanders in the long term (horizon 2050) and, on the other, to map out barriers and leverage options that will have to be eliminated or promoted on our path towards a sustainable energy system.

To ensure the further reduction of the (ecological) sustainability impact of the energy system, energy consumption will have to be limited where possible by changing behaviour (e.g. use of public transport or bicycles rather than cars), remaining energy consumption will have to be as efficient as possible (e.g. buying efficient household appliances) and the energy produced will have to be renewable as much as possible with respect for people and the environment (e.g. generating power with solar panels). Furthermore, the growing share of variable renewable power generation (wind and solar energy) means that a better balance between power generation and energy consumption is required (e.g. encouraging electricity consumption during times when renewable electricity is in large supply). These various options to make the Flemish energy system more sustainable are called ‘solution pathways’ in this document. Each of these four solution pathways – ‘saving energy by changing behaviour’, ‘saving energy through energy efficiency’, ‘making energy supply and demand more sustainable’ and ‘adjusting the energy demand to suit the supply’ – covers various possible solutions for the different subsystems of the Flemish energy system. A ‘possible solution’ therefore is a change within a certain subsystem, which could mean an improvement to at least one dimension of the ecological sustainability impact (or environmental impact). We consider ‘sustainability impact’ to include both the ecological sustainability impact (or environmental impact) and the social and economic ‘feasibility’ of the various solutions. For the environmental impact, we mainly focus on the direct impact caused by energy end-use in Flanders, where the emission of greenhouse gases and air pollutants (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, polycyclic aromatic hydrocarbons or PAHs, dioxins, particulate matter and heavy metals) plays the most important role. Where relevant, other environmental impacts (e.g. in case of nuclear energy or the use of raw materials for batteries) will also be stated. The feasibility is estimated based on the social affordability (consideration of costs and benefits to society) and acceptance of the solution in question.

### *Composition of the report*

The structure of the report is based on a funnel model, starting with a ‘longlist’ of possible solutions and gradually making choices regarding feasible and desirable solutions (from the perspective of application potential and environmental impact). Finally, for these desirable solutions we will map out the barriers and leverage options that respectively still hamper broad application thereof or could lead to accelerated application. During the execution of this assignment, we could also count on contributions from various stakeholders and energy experts, who were involved at various times during the execution of the study assignment by organising structural discussions (see Annex 1).

**Chapter 1** contains a brief description of the Flemish energy system based on the key figures, the objectives of this report and the methodology and structure followed.



**Chapter 2** of the report contains an extensive list of possible solutions that may contribute to a more sustainable future energy system in Flanders. These possible solutions are systematically discussed within the structure of the four solution pathways (see above), for each of the following sectors:

- Built environment
- Transport
- Industry
- Agriculture
- Central power generation
- Production of sustainable biomass
- Refineries
- Infrastructure
- Central adjustment of the energy demand to suit the supply

For each of the possible solutions identified within these sectors and solution pathways, a general analysis was prepared of the following aspects (see Annex 2):

- Level of application in the current energy system
- Level of policy-based support (e.g. imposed targets, policy ambitions, subsidies, investment support, etc.)
- Technological maturity and future expectations
- A list of possibly relevant sustainability impacts and initial considerations regarding the feasibility of the various possible solutions

**Chapter 3** presents the application potential, the sustainability impact and the feasibility of the various possible solutions. Under ‘application potential’ we will provide an estimate of the possible level of application of the possible solutions until 2050. Unless otherwise stated, this estimate is mainly based on the study ‘Roadmap towards a low-carbon Belgium by 2050’<sup>7</sup> (‘Roadmap Study’ for short) from 2013 and the extensive sectoral analyses<sup>8</sup> that were carried out as part of this study. The estimate of the application potential is based on the ‘core’ scenario from the Roadmap Study, which relies on a balanced mix of behavioural and technological solutions to achieve an 80% reduction in greenhouse gas emissions in Belgium by 2050. If we deviate from the assumptions made in this study (usually because better potential estimates have been made since then), we will clearly indicate the sources used.

---

<sup>7</sup> [http://www.klimaat.be/2050/files/2513/8625/2687/Low\\_Carbon\\_Scenarios\\_for\\_BE\\_2050 - Final Report.pdf](http://www.klimaat.be/2050/files/2513/8625/2687/Low_Carbon_Scenarios_for_BE_2050_-_Final_Report.pdf)

<sup>8</sup> <http://www.klimaat.be/2050/nl-be/analyse-van-scenarios/sectoriele-analyses/>

		SUSTAINABILITY POTENTIAL					
		ENVIRONMENTAL IMPACT POTENTIAL			SOCIOECONOMIC FEASIBILITY		
		Greenhouse gas reduction 2050	Air pollutant reduction	Other environmental effects	Costs/affordability	Social	
E-savings through behavioural change	a	built environment	8 Mt compared to reference scenario (Belgium), 4.5 Mt (Flanders based on 56% of households)	generally positive	slightly positive	not calculated	slightly negative
	b	transport	12 Mt compared to reference scenario (Belgium), 7 Mt (Flanders based on 58.4% of vehicle kilometres)	generally positive	generally positive	not calculated	slightly positive
	c	industrial fabric	included on other cards (chemical sector, iron and steel sector, E-efficiency of other industry, refineries, carbon capture and storage or utilisation, production of sustainable biomass). No estimate of change in demand for products (produced in Flanders).				
E-savings through E-efficiency	a	built environment	6 Mt residential, 3 Mt tertiary compared to reference scenario (Belgium) 3.4 Mt residential (Flanders based on 56% of households), 1.7 Mt tertiary (Flanders based on 58% of tertiary sector added value)	generally positive	slightly negative	slightly negative	slightly positive
Making E-supply and demand more sustainable	a	built environment	8 Mt compared to reference scenario (Belgium), 4.5 Mt (Flanders based on 56% of households)	slightly positive	slightly negative	CAPEX for air heat pump: €9000-12600; ground heat pump: €14000 per household in 2010	slightly negative
	b	transport	15.73 Mt compared to reference scenario (Belgium), 9.2 Mt (Flanders based on 58.4% of vehicle kilometres)	generally positive	generally positive		neutral
	c	photovoltaic systems	5.2 Mt (Flanders)	slightly positive	slightly negative	in 2030: CAPEX €800/kW, OPEX €46/MWh	slightly positive
	d	sustainable biomass	5.6 Mt in non-ETS sectors	slightly negative to slightly positive depending on biomass & technology used	slightly negative	slightly negative depending on biomass & technology used	neutral
	e	wind energy - offshore	6.8 - 9.0 Mt compared to gas-fired power station (Belgium), 4.4 to 5.9 Mt (Flanders based on 65% electricity consumption in Fl. compared to Belgium)	neutral compared to gas-fired power station	generally positive	in 2030: CAPEX €1800-2300/kW, OPEX €63/MWh	generally positive
	f	wind energy - onshore	2.9 - 3.3 Mt compared to gas-fired power station	neutral compared to gas-fired power station	generally positive	in 2030: CAPEX €1050/kW, OPEX €24/MWh	neutral
	g	partial postponement of phasing out of nuclear energy	TEMPORARILY (until 2035), 2.8 Mt in Flanders (based on keeping Doel 4 and Tihange 3 open, capacity of each about 1 GW)	neutral	generally negative	€1000/kW	negative
	h	carbon capture and storage or utilisation	depending on process: CO2 to methanol 420 kt/yr, CO/CO2 to ethanol 360 kt/yr, CO2 to algae 36 kt/yr, carbonation of 96 kt/yr captured plus 184 kt avoided	more research required	depends on process, utilisation preferably as close as possible to CO2 source	depends on process, income from CO2 emission rights will generally be decisive	generally positive for utilisation generally negative for storage
	i	refineries	62% reduction in the sector and outside sector (at the same production level as in 2014 this represents a reduction of 2.9 Mt)	62% reduction in the sector and outside sector	positive	generally positive	neutral
Adjustment of E-demand to E-supply	a	built environment	generally positive by promoting integration of renewable E	generally positive by promoting integration of renewable E	generally positive by promoting integration of renewable E	neutral	neutral
	b	electricity transmission	generally positive	generally positive	possibly negative	neutral	possibly negative
	c	distribution of electricity	generally positive by promoting integration of renewable E	generally positive by promoting integration of renewable E	neutral	neutral	possibly negative
	d	heat networks and geothermal energy	generally positive	generally positive unless for biomass	possible questions regarding sustainability of biomass	high CAPEX, OPEX depending on heat source used	slightly negative
	e	storage of electricity	generally positive by promoting integration of renewable E	generally positive by promoting integration of renewable E	slightly negative	slightly negative	neutral
	f	power to gas	179 g CO2/kWh compared to combustion of natural gas	neutral to generally positive regarding combustion of natural gas and use in transport sector	neutral	generally negative	neutral
Outside category INDUSTRY	a	chemistry	4.7 Mt (energy + process)	process-specific	process-specific	CO2 prices of €150-200/t required for deep decarbonisation (CCS or CCU, use of hydrogen, green chemistry)	possibly negative, sector subject to international competition
	b	iron and steel sector	3.2 Mt	slightly to generally positive	more research required	CO2 prices of €150-200/t required for deep decarbonisation (CCS or CCU, use of hydrogen, green chemistry)	possibly negative, sector subject to international competition
	c	other industry	3.3 Mt	generally positive, except for use of biomass	neutral	depends on the situation, electrification requires high gas price	generally positive

5-10 Mt CO2 in Flanders
2-5 Mt CO2 in Flanders
< 2 Mt CO2 in Flanders
generally positive

Under ‘environmental impact’ we will provide an estimate of the impact of the application potential on the emission of greenhouse gases<sup>9</sup>, air pollutants and any other environmental impacts. The summary tables included in the report also provide general information about other possible environmental impacts and social acceptance. Under ‘feasibility’ we will provide an estimate of the social affordability of the possible solutions and the extent to which the possible solutions may or may not lead to social resistance. The estimates regarding the application potential, sustainability impact and socioeconomic feasibility of the various possible solutions were assessed by energy experts and representatives of different relevant sectors during a workshop for experts (see Annex 3 for the results of the workshop). The above table summarises the estimated application potentials and sustainability impacts for the various solutions.

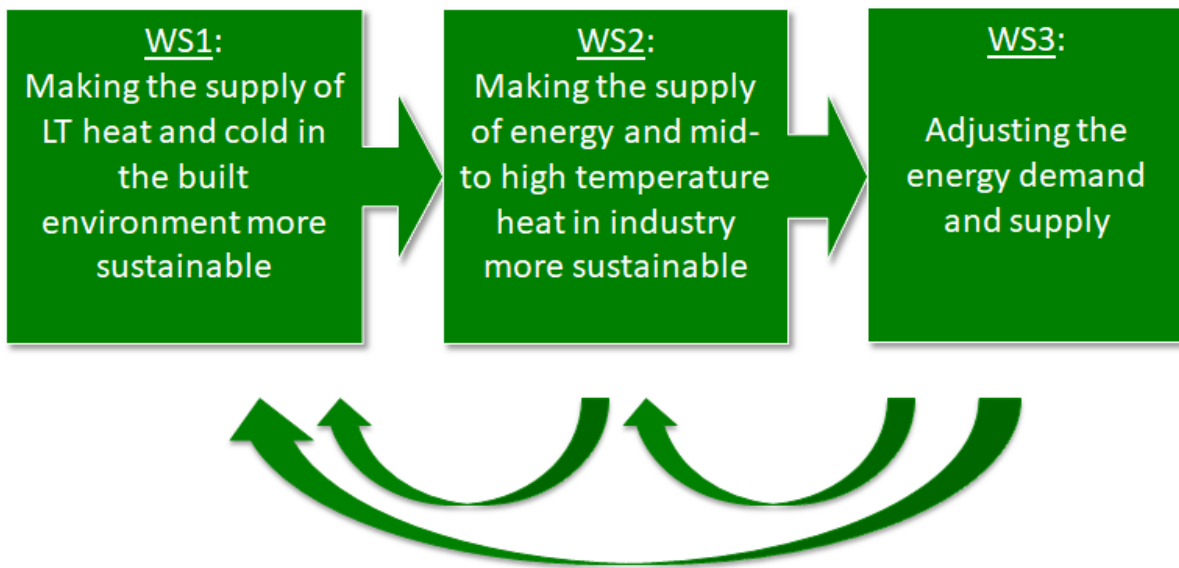
Finally, **Chapter 4** of this report describes which barriers and leverage options may have an effect on the transition towards a sustainable energy system by 2050 and how they may affect it. An image of the future is used as an end point (objective) here, following which roadmaps are outlined for the various solutions and innovations described in Chapter 3, indicating which barriers will have to be overcome, which leverage options are required and which actors play a role in them. In order to arrive at sufficiently detailed analyses and recommendations, it was agreed with the client to organise three workshops. For this, the Flemish energy system had to be split into three subdomains, but without losing sight of the relationships between these domains. A slight deviation was applied here to the subdivision into the various solution pathways used in the previous chapters:

- making the supply of low-temperature heat and cold in the built environment more sustainable: this subdomain groups all the solutions regarding the supply of heat and cold, which are described for the built environment (sections 3.1.1, 3.1.2 and 3.1.3) and heat networks (section 3.5.1);
- making the supply of energy more sustainable, supplemented by the provision of high-temperature heat in industry: this subdomain groups all the solutions regarding wind energy (sections 3.4.1 and 3.4.2), photovoltaic energy (section 3.1.4), phasing-out of nuclear energy (section 3.4.3) and sustainable biomass (section 3.4.5). The industrial demand for high-temperature heat was considered generically based on the overall demand (not subdivided into specific subsectors);
- adjusting the energy demand to suit the supply: this subdomain groups all the solutions discussed for the built environment (section 3.1.5) and regarding the central adjustment of the energy demand to suit the supply (section 3.6).

---

<sup>9</sup> Regarding the calculated impact on greenhouse gas emissions, we would like to point out that we have calculated the impact of individual measures here. As we are not taking into account any scenarios that describe the interrelationship between the various measures, the calculation provides a distorted image, so the impacts cannot simply be added up to determine the overall greenhouse gas reduction potential for Flanders. For example: the calculation of the greenhouse gas reduction potential through the use of innovative heating technology in the built environment is performed in relation to the reference scenario described in the Roadmap Study. In combination with further improved energy efficiency (through renovation and new developments) in the built environment, the remaining potential for reducing greenhouse gas emissions through innovative heating technology (in view of the lower remaining demand for heat) will obviously be less. The greenhouse gas reductions described here should therefore be interpreted more as an indication of the possible significance of the various measures.





Furthermore, the possible interactions between the subdomains were taken into account while planning the workshops (see above figure): since electrification of LT heat supply is part of workshop 1, the output of workshop 1 was used as partial input for workshop 2, and since the estimates regarding the use of fluctuating renewable energy sources is part of workshop 2, the output of workshop 2 was used as partial input for workshop 3.

*Findings from the workshops and conclusions*

A guiding vision was prepared for each subdomain based on existing vision documents or policy intentions. For each workshop, this vision was based on the overarching principles included in the background section below.

Regarding the subdomain ‘**making the supply of low-temperature heat and cold in the built environment more sustainable**’, most of the suggested barriers and leverage options clearly turned out to relate to the short term (until 2020). The situation is therefore highly urgent.

Saving energy is the cornerstone of the transition process ‘making the supply of LT heat and cold in the built environment more sustainable’. The consulted experts mainly referred to the applicable Renovation Pact and the actions undertaken as part of this pact. They mostly pointed out the huge challenge of tackling the renovation rate of existing buildings, which in recent years has varied between 0.5% and 1%. In order to take on this transition challenge, the workshop participants believe that this rate should at least be doubled. Various ideas to improve ways to ‘take matters out of the hands’ of house owners were suggested, e.g. making use of the ‘housing pass’ – a concept currently being developed as part of the Renovation Pact – to define a suitable energy renovation process for every house (taking into account the current policy visions at various levels – see above). When selling the house, an obligation to perform certain steps of this renovation process within a suitable period of time (e.g. 5 years) can be imposed on the new owners. The concept of ‘taking matters out of people’s hands’ could also include the actions of a ‘third party’ that coordinates and implements the entire renovation process on behalf of the house owner. A more radical idea would be to adjust the cadastral income to the energy performance of the house, also



taking into consideration the location of the house. A better energy performance could then be awarded by lowering the cadastral income. This could create a major incentive for households to invest in energy savings.

*At the United Nations summit on 25 September 2015, the 193 Member States of the United Nations (UN) adopted a new programme with 17 goals for sustainable development ('Sustainable Development Goals' or SDGs). These relate to the environment, climate, social progress and economic growth. Especially SDG 7, 11, 12 and 13 are of a guiding interest to the energy system:*

*7 = "Affordable and clean energy"*

*11 = "Sustainable cities and communities"*

*12 = "Responsible production and consumption"*

*13 = "Climate action"*

*SDGs 7, 11 and 12 relate to minimising the general sustainability impact of the energy system. Examples are environmental impacts such as the emission of air pollutants (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), dioxins, particulate matter and heavy metals), water pollution, use of space, consumption of raw materials (and associated impacts, like in the case of batteries) and other environmental impacts (such as in the case of nuclear energy). All of this should be realised in an affordable and socially feasible manner. In the Interfederal Energy Pact, this is formulated as pursuing a 'triple optimum':*

- Environmental efficiency: a low-carbon society, reducing the environmental effects on the entire life cycle (natural resources, pollutants, waste, etc.) and controlling emissions of other pollutants.*
- Economic efficiency: the potential to create new local activities, the effect of this strategy on the production costs of companies and competitiveness in general (supply security, adjustment to climate change, innovation, etc.).*
- Social efficiency: controlling the costs of this transition to distribute the costs and profits fairly and proportionally between the current and future generations, ensuring that every citizen is supported during the transition (solidarity mechanism).*

The remaining demand for low-temperature heat should then be covered by sustainable heat sources. In principle there are three options: heat networks (fed by residual heat or sustainable sources, such as biomass or geothermal energy), the 'all-electric' solution (heat pumps) or individual heating based on biomass or green gas. The large-scale rollout of heat networks is facing various barriers for the various parties involved, varying from the residents (private buyers) to the heat producers and financiers. This explains why the consulted experts see a lot of potential in the role of a 'heat broker'. This heat broker would actively go looking for possible heat sources that could be connected to a heat network (e.g. residual heat from the industry) and would try to link these sources to possible buyers, to get all the parties involved to join in the discussion on this basis in order to look for solutions that are acceptable to everyone. The 'all-electric' solution mainly applies to newly built houses or existing houses with thorough energy-related renovations, for which the construction of a heat network does not appear to be feasible. Finally, for buildings that cannot be connected to a heat network and for which there is no option to implement an 'all-electric' solution, solutions such as heat supply based on green gas or sustainable biomass should be considered. Policy measures based on a clear vision are also required here, e.g. regarding the modifications to the gas network (in the locations where this is necessary) for the use of green gas, or the phasing-out of unsustainable forms of heating based on biomass (e.g. outdated wood-burning appliances).





For the authorities (at all policy levels) an important role is envisaged in order to create the right market environment and boost entrepreneurship to ensure that the required technological solutions are implemented on time. There was particular emphasis placed on the importance of initiating the required modifications to the institutional environment, mainly in the field of vision forming, coordination between various policy levels and ensuring that the required data become available. After all, the long investment cycles for energy infrastructure require far-reaching policy measures and policy planning for the period until 2030 and 2050. Here a long-term vision on making LT heat in the built environment more sustainable (horizons 2030 and 2050) should prioritise clear choices, including those relating to<sup>10</sup>:

- Which sustainable energy networks are desirable and feasible specifically for various Flemish neighbourhood types.
- Which strategic heat sources will the focus be on, at the expense of other heat sources.
- What level of energy renovation is targeted for existing buildings (see also the Renovation Pact).
- In which locations and with what programme may property still be developed.

Such a vision cannot simply be imposed from the top down. In the transition towards a sustainable LT heat and cold supply in the built environment, a key role is to be played by local authorities. Local authorities are in the best position to judge the local social, environmental and economic aspects. Based on this consideration, the subsidiarity principle appears to be beneficial to local authorities, which may for example be given responsibility for working out local heat zoning plans (based on a local consideration framework in line with the overarching long-term vision). Major cities should take on a pioneering role when working out these local zoning plans; smaller municipalities and cities may require support due to their limited administrative capacity.

The consulted experts viewed the availability and public character of data on heat consumption, investment costs for new sustainable heat sources and the depreciation of infrastructure (e.g. gas distribution networks) as key barriers against the development of a long-term policy vision. They also stated, for example, that the available EPC data on existing buildings provide an incomplete picture of the actual energy consumption in these buildings. A sound policy cannot be formulated until the data now managed by various actors, including the distribution network managers (which have lots of data on heat demand) and knowledge institutes (including VITO, which prepares the Energy Balance for Flanders), is made available and aligned.

Apart from vision forming, the pricing of energy carriers also plays a key overarching role. Making green heat economically more attractive by making the use of fossil fuels more expensive was viewed as a crucial step towards creating a larger market share for green heat. In this regard, a lot is expected of the proposal to introduce a CO<sub>2</sub> tax for the non-ETS sectors, which is currently being discussed on a federal level (within the more general framework of a sustainable tax shift). In this regard, enough attention should also be paid to the impact of this tax shift on households or companies that, for technical or financial reasons, are having difficulty switching to a green alternative (e.g. companies with a high demand for heat that cannot yet be covered by heat pumps, or families in energy poverty).

---

<sup>10</sup> Study assignment – Towards a greener supply of heat for households in Flanders, September 2017, Kelvin solutions on behalf of BBL.



In terms of **making the supply of energy more sustainable**, there is a high level of consensus about the application potential and desired sustainability impact of renewable energy in Flanders. On a European level (Paris Agreement) it was agreed that by 2050 greenhouse gas emissions are to be reduced by 80 to 95% compared to 1990. The EU step-by-step plan towards a low-carbon economy stipulates that all Member States of the European Union should make a solidary contribution to achieving this goal. The EU step-by-step plan also states that a more or less fully CO<sub>2</sub>-free electricity supply in 2050 is a necessity as part of the European long-term climate targets. Depending on the scenario, renewable energy sources should provide 64% to 97% of electricity in 2050. It is important, however, to note here that the lowest percentage (64%) is based on a significant contribution to EU electricity production by nuclear energy and carbon capture and storage. Because of the existing law on phasing-out nuclear energy, its adoption in the coalition agreement and in the Energy Pact, nuclear energy is not considered to be a desirable solution for the energy system in Flanders in 2050. CCS in electricity production was generally not considered to be a desirable solution either, due to the technical and financial issues with demonstration projects and the uncertainty regarding storage options abroad. Since we are assuming that these technologies will not play a role in the Flemish energy system in 2050, the percentages of renewable energy to be achieved in Flanders will have to be in the higher range (approximately >80%). The Federal Planning Bureau is taking into account an electricity demand of 125 to 145 TWh in 2050 in Belgium (an increase of 40% to 60% compared to 90 TWh in 2010). When converted to Flanders (with an electricity consumption of 55 TWh in 2010) this would mean an increase in electricity demand to 77-88 TWh in 2050. Taking into account the European scenarios (and assuming that 80% to 97% of electricity production in Flanders will be based on renewable energy sources, with Flanders not being a structural net importer of electricity), 62 to a max. of 85 TWh of renewable electricity would have to be produced in 2050.

This suggested vision for 2050 was generally accepted as a feasible but still ambitious target. Supporting of renewable energy production was considered to be a reasonably mature policy domain where the necessary policy instruments have already been shaped, especially during the past decade. Continued application and refinement of these policy instruments is required to create the right market environment and boost entrepreneurship to ensure that the required technological solutions are implemented on time. The majority also share the view that most technologies are already available and only few radical new breakthroughs are to be expected; it is therefore mainly important to create a large market for the existing renewable solutions.

The participants view a binding target imposed at EU level (currently for 2030, but to be maintained until 2050) as a strong legitimisation and incentive for the Flemish policy to be implemented. According to the consulted experts, the policy to phase out nuclear energy will play a key role in the medium term: choosing to phase out nuclear energy during the period 2022-2025 sends a clear signal to the market about the necessity for sustainable alternatives; postponing the phasing-out of nuclear energy creates uncertainty and delays.

Regarding the application of specific technologies, a great deal is expected of the development of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea and beyond. In the long term, much is expected of the development of a modular grid or 'power socket at sea'. This means that wind farms in the North Sea will be connected to a high-voltage station that can be built on a platform at sea. In the long term, this modular grid will then be connected to an international platform using direct-current connections, which allow greater amounts of power to be transported over longer distances. The overall potential for wind energy in the North Sea is 150-250 GW. Through these connections, it will also be possible to store wind energy in dedicated infrastructure (e.g. 'energy atolls') or convert it into hydrogen during periods of surplus supply.









control systems for appliances is not always straightforward and limits the potential for cost reductions on bills. In the long term it is expected to become more interesting for residential customers to participate in the flexibility market as well, once the electrification of heat supply (based on heat pumps) and transport (electrically driven vehicles) is more widely implemented. According to the consulted experts, it is not inconceivable that in the future existing or new players on the energy market will develop business models based on the concept of the all-inclusive provision of energy services for households, SMEs or apartment buildings. Such an 'all-inclusive model' is based on guaranteeing certain energy services to the customer (e.g. sufficient heat comfort, sufficient electricity for specified uses, etc.), which are supplied based on an optimum combination of demand control, energy storage and local energy generation, which the party providing the all-inclusive service takes care of on site. The customer pays a monthly fee for the energy services and no longer has to invest in the required infrastructure as a result.

In the long term, when renewable energy sources are expected to represent a considerable percentage of the energy supply, 'power-to-gas' applications will become more important. As a storage medium, hydrogen could complement batteries; injecting hydrogen into the gas network allows it to be used as seasonal storage. In order to facilitate this application, however, the gas network should be modified for hydrogen mixing. Some consulted experts believe that the phasing-out of the gas network in Flanders should be considered over a period of 100 years rather than using 2050 as the horizon. This would mean that green gas would continue to play a role in the Flemish energy system for a prolonged transition period. Not only can hydrogen produced through electrolysis be used for energy storage, it can also be used as a raw material for oil refineries, for example, or for refining biogas to increase its quality to that of natural gas. The promotion of hydrogen produced in a 'green' manner (e.g. similar to the system for green power certification) could leverage the rollout of electrolysis. 'Power-to-methane' will only be used in case of surplus hydrogen production. The consulted experts do not expect such a surplus to occur before 2050, so the opportunities for 'power-to-methane' inside the horizon of this reflection are rather limited.

### *Conclusions*

Based on the estimates regarding the sustainability and feasibility of possible solutions for the Flemish energy system, the following transition pathways would appear to be the most desirable ones for the various subdomains:

- Saving energy is the cornerstone of the transition process '**making the supply of low temperature heat and cold in the built environment more sustainable**'. The consulted experts mostly pointed out the huge challenge of tackling the renovation rate of existing buildings, which in recent years has varied between 0.5% and 1%. In order to take on this transition challenge, the consulted experts believe that this rate should at least be doubled. The remaining demand for low-temperature heat should then be covered by sustainable heat sources. In principle there are three options: heat networks (fed by residual heat or sustainable sources, such as biomass or geothermal energy), the 'all-electric' solution (heat pumps) or individual heating based on biomass or green gas. Vision forming and strategic policy implementation (with a key role for local authorities) should answer the question of which sustainable energy networks are desirable and feasible specifically for various Flemish neighbourhood types.
- In terms of **making the supply of energy more sustainable** there is a high level of consensus about the application potential and desired sustainability impact of renewable energy in Flanders. Because of the existing law on phasing-out nuclear energy, its adoption in the coalition agreement and in the Energy Pact, nuclear energy is not considered to be a desirable solution for the energy system in Flanders in



2050. CCS in electricity production was generally not considered to be a desirable solution either, due to the technical and financial issues with demonstration projects and the uncertainty regarding storage options abroad. Taking into account the European scenarios (and assuming that 80% to 97% of electricity production in Flanders will be based on renewable energy sources, with Flanders not being a structural net importer of electricity), 62 to a max. of 85 TWh of renewable electricity would have to be produced in 2050. This suggested vision for 2050 was generally accepted as a feasible but still ambitious target. Supporting of renewable energy production was considered to be a reasonably mature policy domain where the necessary policy instruments have already been shaped, especially during the past decade. The majority also share the view that most technologies are already available and only few radical new breakthroughs are to be expected; it is therefore mainly important to create a large market for the existing renewable solutions.

- In terms of **making the Flemish industrial demand for energy more sustainable** in 2050, there are still major areas of uncertainty and ambiguity, regarding both the nature and scale of the industrial activities and how the remaining demand for energy will be met. Important European trade associations have already prepared roadmaps listing the options for contributing to a low-carbon economy in 2050. But at the same time, industry in Flanders has presented less concrete plans for a low-carbon sector compared to other sectors. There is no concrete guiding vision for a sustainable (low-carbon) industry in Flanders yet.
- In terms of **adjusting the energy demand to suit the supply**, the consulted experts mainly pointed out that the possible solutions should be considered ‘enablers’ of a sustainable energy system, because they do not have a positive environmental impact as such, only indirectly by promoting the integration of renewable energy. Batteries were viewed as a good ‘enabler’, whilst their environmental impact during production and extraction of raw materials remains a focal point. ‘Curtailement’ or smart controlling of local production is an option to make more local production feasible without the major investments associated with network expansions. In the long term, when renewable energy sources are expected to represent a considerable percentage of the energy supply, ‘power-to-gas’ applications could become more important. According to the consulted experts, most technological solutions are already known and can be applied on a commercial scale (the first niche markets already exist), but getting the entire subdomain into an acceleration phase requires further boosting of the ‘business engine’. As the domain is in full development and is therefore confronted by many uncertainties, it would be impossible to predict in advance exactly which business activities will or would have to develop.



## INHOUDSTAFEL

DOCUMENTBESCHRIJVING .....	4
<b>Samenvatting</b> .....	5
<b>Summary</b> 19	
<b>Inhoudstafel</b> .....	32
<b>Inhoudstafel figuren</b> .....	35
<b>Inhoudstafel tabellen</b> .....	36
1 Inleiding.....	38
1.1 Situering.....	38
1.2 Omkadering, probleemomschrijving en doelstelling van de opdracht.....	38
1.2.1 Omkadering: het Vlaamse energiesysteem .....	38
1.2.2 Probleemomschrijving .....	41
1.2.3 Doelstelling .....	42
1.2.4 Terminologie .....	42
1.3 Structuur van het rapport .....	43
2 Inventaris van mogelijke oplossingen in deelsystemen.....	45
2.1 Gebouwde omgeving .....	45
2.1.1 Energiebesparing door ruimtelijke ordening en gedragsverandering.....	46
2.1.2 Energie-efficiëntie van verwarming, koeling, apparatuur en verlichting .....	47
2.1.3 Decentrale warmteproductie.....	49
2.1.4 Decentrale elektriciteitsproductie (prosumenten).....	50
2.1.5 Afstemming van energievraag op -aanbod door slimme apparaten .....	51
2.2 Transport.....	52
2.2.1 Mobiliteitsvraag .....	54
2.2.2 Modale keuze.....	54
2.2.3 Technologische innovaties.....	55
2.3 Industrie .....	61
2.3.1 Chemie .....	62
2.3.2 IJzer en staal.....	64
2.3.3 Voeding .....	65
2.3.4 Overige industrie.....	65
2.4 Landbouw.....	66
2.5 Centrale elektriciteitsproductie .....	67
2.5.1 Windenergie.....	68
2.5.2 Biomassacentrales .....	72
2.5.3 Kernenergie.....	74
2.5.4 Verduurzaming van fossiele elektriciteitsproductie .....	75



2.6	Productie van duurzame biomassa.....	77
2.7	Raffinaderijen.....	78
2.7.1	Afstemming aanbod met vraag.....	79
2.7.2	Productie en grondstoffengebruik.....	79
2.7.3	Procesinnovatie.....	81
2.7.4	Energiedragers .....	82
2.8	Infrastructuur .....	84
2.8.1	Transmissie van elektriciteit .....	84
2.8.2	Distributie van elektriciteit .....	84
2.8.3	Transmissie en distributie van gas .....	86
2.8.4	Warmtenetten .....	86
2.9	Centrale afstemming energievraag/-aanbod.....	88
2.9.1	Flexibiliteit aan de vraagzijde.....	88
2.9.2	Energieopslag.....	88
2.9.3	Curtailment .....	90
3	Toepassingspotentieel, duurzaamheidsimpact en haalbaarheid van mogelijke oplossingen.....	91
3.1	Gebouwde omgeving .....	92
3.1.1	Energiebesparing door gedragsverandering en ruimtelijke ordening.....	92
3.1.2	Energiebesparing door energie-efficiëntie .....	93
3.1.3	Decentrale warmteproductie.....	94
3.1.4	Decentrale elektriciteitsproductie (prosumenten) .....	95
3.1.5	Afstemming van energievraag op -aanbod.....	97
3.2	Transport.....	98
3.2.1	Energiebesparing door gedragsverandering.....	98
3.2.2	Verduurzaming van de energievraag en energie-efficiëntie .....	99
3.3	Industrie .....	101
3.3.1	Industrieel weefsel.....	101
3.3.2	IJzer- en staalproductie.....	102
3.3.3	Chemie .....	104
3.3.4	Overige industrie (incl. voeding).....	105
3.4	Centrale productie van elektriciteit .....	106
3.4.1	Onshore windenergie.....	106
3.4.2	Offshore windenergie .....	108
3.4.3	Kernuitstap gedeeltelijk uitstellen .....	109
3.4.4	Koolstofopvang en -opslag of -hergebruik.....	110
3.4.5	Productie van duurzame biomassa.....	112
3.4.6	Raffinaderijen.....	114
3.5	Infrastructuur .....	115





## INHOUDSTAFEL FIGUREN

figuur 1: stroomschema van het energiegebruik in Vlaanderen (2016) en aandelen van energiedragers .....	39
figuur 2: energie-intensiteit van de Vlaamse economie .....	61
figuur 3: bruto groene stroomproductie (MWh <sub>e</sub> ) van verschillende energiebronnen .....	73
figuur 4: schematische weergave van de productieprocessen in een raffinaderij (Total Raffinaderij Antwerpen).....	80
figuur 5: energieverbruik vs. energie-efficiëntie in de raffinagesector van 1992-2010 (EU-27).....	81
figuur 6: brandstofgebruik in de raffinaderijen en CO <sub>2</sub> -emissies (Bron: CRF 2016).....	83
figuur 7: opbouw van en interactie tussen de drie workshops.....	127
figuur 8: renovatiepact 2050 - Spoor maatregelenpakket .....	132
figuur 9: transitiepad voor lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving .....	137
figuur 10: transitiepad verduurzamen van het energieaanbod .....	153
figuur 11: transitiepad afstemming van de energievraag op het energieaanbod .....	171



## INHOUDSTAFEL TABELLEN

tabel 1: status van de mogelijke oplossingen voor energiebesparing door gedragsverandering in de gebouwde omgeving .....	47
tabel 2: status van de mogelijke oplossingen voor energiebesparing door energie-efficiëntie in de gebouwde omgeving .....	49
tabel 3: status van de mogelijke oplossingen voor decentrale warmteproductie in de gebouwde omgeving 50	
tabel 4: status van de mogelijke oplossingen voor fotovoltaïsche systemen in de gebouwde omgeving .....	51
tabel 5: status van de mogelijke oplossingen voor de afstemming van energievraag op -aanbod in de gebouwde omgeving .....	52
tabel 6: status van de mogelijke oplossingen voor gedragsverandering in de transportsector .....	55
tabel 7: status van de mogelijke technologische oplossingen in de transportsector .....	60
tabel 8: status van de mogelijke oplossingen in de chemische sector.....	63
tabel 9: status van de mogelijke oplossingen in de ijzer- en staalproductie.....	65
tabel 10: status van de mogelijke oplossingen in de overige industrie (incl. voeding).....	65
tabel 11: status van de mogelijke oplossingen in de landbouw.....	67
tabel 12: evolutie van het aantal windturbines (>300kW) en hun vermogen in Vlaanderen.....	70
tabel 13: status van de mogelijke oplossingen in onshore windenergie .....	71
tabel 14: status van de mogelijke oplossingen in offshore windenergie .....	72
tabel 15: status van de mogelijke oplossingen in kernenergie .....	75
tabel 16: status van de mogelijke oplossingen in koolstofafvang en -opslag/-hergebruik.....	77
tabel 17: status van de mogelijke oplossingen in duurzame biomassa .....	78
tabel 18: status van de mogelijke oplossingen in de raffinagesector .....	83
tabel 19: status van de mogelijke oplossingen met betrekking tot transmissienetten .....	84
tabel 20: status van de mogelijke oplossingen in elektrische distributienetten.....	86
tabel 21: status van de mogelijke oplossingen op gebied van warmtenetten.....	87
tabel 22: status van de mogelijke oplossingen in energieopslag .....	89
tabel 23: status van de mogelijke oplossingen in power-to-gas .....	90
tabel 24: toepassingspotentieel voor gedragsverandering in de gebouwde omgeving .....	92
tabel 25: duurzaamheidsimpact van de toepassing van verschillende maatregelen i.v.m. gedragsverandering in de gebouwde omgeving .....	93
tabel 26: toepassingspotentieel voor energiebesparing door energie-efficiëntie in de gebouwde omgeving 93	
tabel 27: duurzaamheidsimpact van de toepassing van verschillende maatregelen i.v.m. energie-efficiëntie in de gebouwde omgeving .....	94
tabel 28: toepassingspotentieel voor decentrale warmteproductie in de gebouwde omgeving.....	95
tabel 29: duurzaamheidsimpact van decentrale warmteproductie in de gebouwde omgeving .....	95
tabel 30: toepassingspotentieel voor PV-systemen in de gebouwde omgeving .....	96

tabel 31: duurzaamheidsimpact van PV-systemen in de gebouwde omgeving.....	96
tabel 32: toepassingspotentieel voor de afstemming van energievraag op -aanbod in de gebouwde omgeving 97	
tabel 33: toepassingspotentieel voor gedragsverandering in de transportsector.....	98
tabel 34: duurzaamheidsimpact van gedragsverandering in de transportsector .....	99
tabel 35: toepassingspotentieel voor verduurzaming van de energievraag in de transportsector .....	100
tabel 36: duurzaamheidsimpact van verduurzaming van de energievraag in de transportsector .....	100
tabel 37: toepassingspotentieel van mogelijke oplossingen in de ijzer- en staalsector .....	102
tabel 38: Duurzaamheidsimpact van mogelijke oplossingen in ijzer- en staalsector.....	103
tabel 39: toepassingspotentieel van mogelijke oplossingen in de chemische sector .....	104
tabel 40: toepassingspotentieel voor algemene mogelijke oplossingen in de industrie .....	105
tabel 41: duurzaamheidsimpact van algemene mogelijke oplossingen in de industrie .....	105
tabel 42: toepassingspotentieel van onshore windenergie .....	106
tabel 43: duurzaamheidsimpact van onshore windenergie .....	107
tabel 44: toepassingspotentieel van offshore windenergie .....	108
tabel 45: duurzaamheidsimpact van offshore windenergie .....	108
tabel 46: duurzaamheidsimpact van kernenergie.....	109
tabel 47: toepassingspotentieel van enkele mogelijke oplossingen voor koolstofafvang en -hergebruik ....	111
tabel 48: duurzaamheidsimpact van enkele mogelijke oplossingen voor koolstofafvang en -hergebruik....	112
tabel 49: toepassingspotentieel van duurzame biomassa .....	113
tabel 50: duurzaamheidsimpact van duurzame biomassa .....	113
tabel 51: toepassingspotentieel van mogelijke oplossingen in de raffinagesector .....	114
tabel 52: duurzaamheidsimpact van mogelijke oplossingen in de raffinagesector .....	115
tabel 53: toepassingspotentieel van warmtenetten .....	116
tabel 54: duurzaamheidsimpact van warmtenetten.....	116
tabel 55: toepassingspotentieel van mogelijke oplossingen m.b.t. transmissienetten .....	117
tabel 56: toepassingspotentieel voor mogelijke oplossingen op gebied van distributie van elektriciteit.....	118
tabel 57: mogelijke kostenbesparingen door oplossingen op het gebied van distributie van elektriciteit ...	119
tabel 58: duurzaamheidsimpact van batterijopslag.....	120
tabel 59: kostenfactoren van elektrolyse .....	122
tabel 60: samenvatting van de inschatting van milieu-impact en socio-economische haalbaarheid van mogelijke oplossingen .....	125
tabel 61: wensen en knelpunten van betrokken partijen bij de ontwikkeling van warmtenetten.....	146



# 1 INLEIDING

## 1.1 Situering

In opdracht van de Vlaamse Regering zorgt de dienst MIRA als onderdeel van de Vlaamse Milieu- maatschappij (VMM) voor de wetenschappelijke onderbouwing van het Vlaamse milieubeleid. Deze wetenschappelijke onderbouwing vindt haar beslag in de milieurapportering die volgende onderdelen omhelst:

- een beschrijving, analyse en evaluatie van de bestaande toestand van het milieu;
- een beschrijving, analyse en evaluatie van het tot dan toe gevoerde milieubeleid;
- een beschrijving van de verwachte ontwikkeling van het milieu bij ongewijzigd beleid en bij gewijzigd beleid volgens een aantal relevant geachte scenario's.

In het najaar van 2018 plant de dienst MIRA de publicatie van een nieuwe milieuverkenning, die zal bestaan uit drie bouwstenen: i) milieu-indicatoren, ii) horizonscanning (incl. megatrends), en iii) oplossingen die kunnen bijdragen aan een (ecologisch) duurzamer energie-, mobiliteits- en voedingssysteem. In het kader van deze geplande nieuwe milieuverkenning beoogt dit rapport enerzijds de inventarisatie en evaluatie m.b.t. toepassingspotentieel, milieu-impact en haalbaarheid van mogelijke oplossingen die kunnen bijdragen tot een duurzamer energiesysteem in Vlaanderen op de lange termijn (horizon 2050) en anderzijds het in kaart brengen van barrières en hefboomen die moeten weggewerkt of gestimuleerd worden op weg naar een duurzaam energiesysteem.

## 1.2 Omkadering, probleemomschrijving en doelstelling van de opdracht

### 1.2.1 Omkadering: het Vlaamse energiesysteem

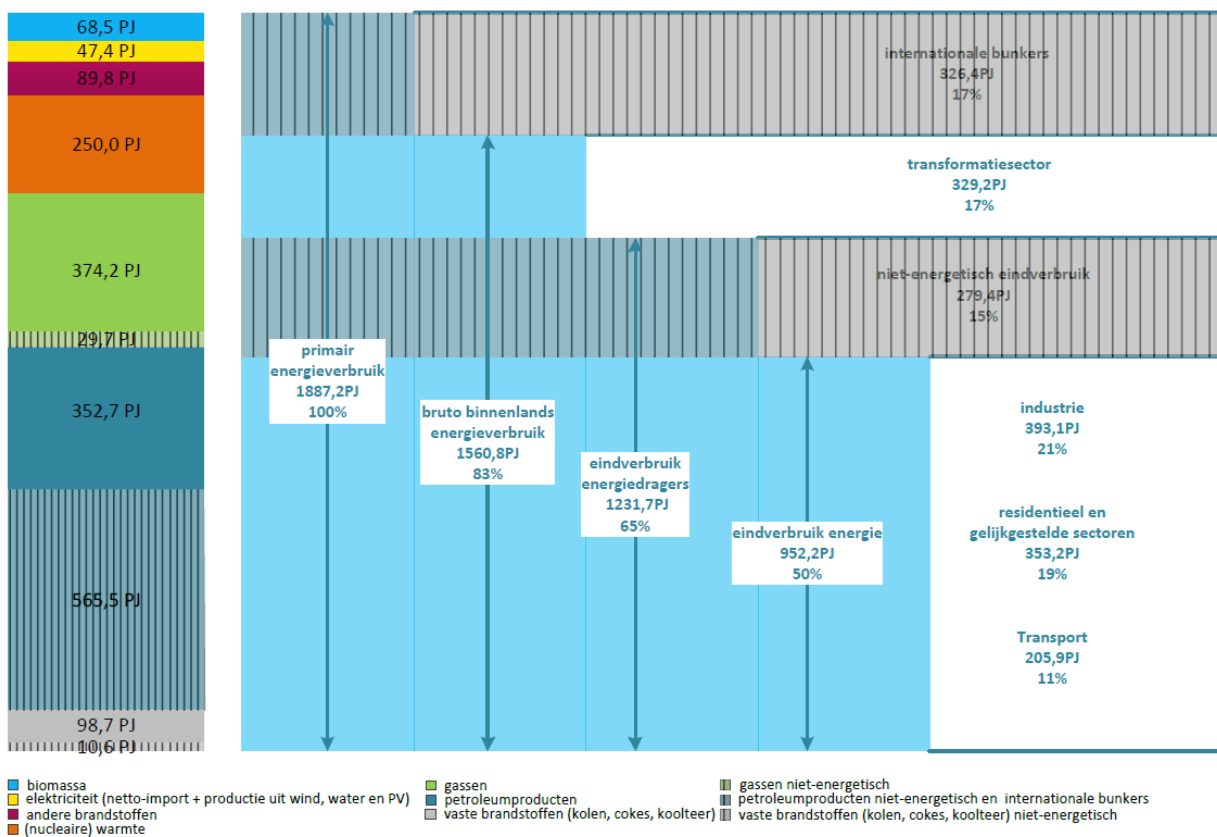
Energiegebruik is verweven met bijna alle activiteiten van onze samenleving<sup>13</sup>. Elke sector (landbouw, industrie, handel & diensten, transport en huishoudens) heeft energie nodig, de samenstelling van de energiemix kan variëren naargelang de activiteiten. Om aan deze energievraag te voldoen, moeten primaire energiedragers worden aangesproken: fossiele brandstoffen (kolen, aardgas en petroleum-producten), nucleaire warmte, biomassa en andere hernieuwbare energiebronnen zoals wind en zon.

---

<sup>13</sup> Deze tekst is een aangepaste versie (met nieuwe cijfers voor 2015 op basis van voorlopige cijfers voor de energiebalans Vlaanderen) van de inleiding uit Brouwers J., Devriendt S., Van Hooste H. (2017). H.1 Energiesysteem, in 'Systeembalans 2017: Milieu-uitdagingen voor het energie-, mobiliteits- en voedingssysteem in Vlaanderen. Aalst, Milieurapport Vlaanderen, Vlaamse Milieu maatschappij. Beschikbaar op: <https://www.milieurapport.be/publicaties/mira-systeembalans-2017-milieu-uitdagingen-voor-het-energie-mobiliteits-en-voedingssysteem-in-vlaanderen>

Buiten de hernieuwbare bronnen zoals zonne-energie, windenergie en inheemse biomassa is Vlaanderen bijna volledig (voor 91,2% in 2014)<sup>14</sup> afhankelijk van geïmporteerde brandstoffen. De ontginning en het transport van deze brandstoffen veroorzaken milieuhinder in het buitenland. **Dit rapport heeft echter hoofdzakelijk betrekking op de directe emissies en gevolgen veroorzaakt door het energetische deel van het energiesysteem in Vlaanderen** (cf. figuur 1: de in het grijs gearceerde blokken vallen buiten het kader van dit rapport). Waar relevant zullen sommige indirecte impacts (bv. in het kader van de ontginning van grondstoffen voor batterijen) kort en kwalitatief aangehaald worden.

figuur 1: stroomschema van het energiegebruik in Vlaanderen (2016) en aandelen van energiedragers<sup>15</sup>



Het bruto binnenlands energiegebruik (BBE) van Vlaanderen omvat alle energie die gebruikt wordt door de energie(transformatie)sector, industrie, huishoudens, handel & diensten, landbouw en transport (zie figuur 1). Het is gelijk aan het primaire energiegebruik met uitzondering van de ‘internationale bunkers’ (brandstoffen voor internationale scheepvaart en luchtverkeer), die we ook in het kader van deze studie grotendeels buiten beschouwing laten (grijs gearceerd in figuur 1). In 2016 bedroeg het BBE in Vlaanderen 1 560,8 PJ.

<sup>14</sup> <https://www.milieuraapport.be/sectoren/energieproductie/sectorkenmerken/importafhankelijkheid-en-aandeel-decentrale-lokale-energieproductie>, geraadpleegd op 12/03/2018.

<sup>15</sup> Jespers K., Dufait N., Al Koussa J., Dams Y., Neven T., Renders N., Vingerhoets P., Wetzels W. (2017). Energiebalans Vlaanderen 1990-2016. Beschikbaar op: <http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>

Het verschil tussen bruto en netto binnenlands energiegebruik is het gebruik in de energiesector inclusief verliezen bij transformatie, transport en distributie, en bedroeg in 2016 329,2 PJ. Het netto binnenlands energiegebruik kan worden opgesplitst in het energetische eindgebruik en het niet-energetische eindgebruik (grijs gearceerd in figuur 1) waarbij energiebronnen ingezet worden als grondstof. Dit laatste gebeurt bijna uitsluitend in de (chemische) industrie, en betreft vooral het gebruik van aardgas voor de productie van ammoniak en kunstmest, de inzet van nafta voor de aanmaak van diverse kunststoffen (polypropyleen, polyetheen, enz.) en het gebruik van afgeleide aardolieproducten als organisch smeermiddel. **Dit rapport heeft echter hoofdzakelijk betrekking op het energetische eindgebruik in Vlaanderen.**

Het energetische eindgebruik bedroeg in 2016 952,2 PJ en is samengesteld uit volgende energiedragers:

- 26,0% uit gassen
- 30,8% uit petroleumproducten
- 18,6% uit elektriciteit
- 9,1% uit vaste brandstoffen (kolen, cokes, koolteer)
- 8,2% uit andere brandstoffen (onder andere de gerecupereerde brandstoffen in de industrie, maar ook het niet-hernieuwbare deel van het huishoudelijk afval dat verbrand wordt met energierecuperatie)
- 4,4% uit biomassa
- 2,9% uit warmte

Het energetisch verbruik in de industrie is in 2016 licht gestegen (+2,0%) ten opzichte van 2015. Ook in 2016 blijven de chemische sector, de ijzer- en staal- en de voedingssector de belangrijkste sectoren qua energieverbruik, met samen ongeveer 74% van het industrieel energetisch eindenergieverbruik. De industrie verbruikt vooral gassen (aardgas) en elektriciteit, met uitzondering van de ijzer- en staalindustrie, die vooral vaste brandstoffen verbruikt. Ook de chemische industrie vormt een uitzondering. Daar wordt een grote hoeveelheid andere brandstoffen verbruikt. Het gaat om recuperatiebrandstoffen die ontstaan tijdens productieprocessen en energetisch worden benut.

In de huishoudens steeg het energieverbruik in 2016 met 7,0% ten opzichte van 2015. Dat heeft hoofdzakelijk te maken met het koudere jaar dat 2016 was in vergelijking met 2015. In vergelijking met 2005 daalde het energieverbruik in de huishoudens met 8,1%. Het aantal huishoudens steeg in diezelfde periode wel met 9,8%. In de periode 1990-2016 vond ook een omschakeling plaats van stookolie naar aardgas: in 2016 verbruikten de huishoudens 43% aardgas en 30% stookolie, terwijl dat in 2005 nog respectievelijk 38% en 39% was. Het aandeel elektriciteit bedroeg in 2016 18%.

In de tertiaire sector (handel & diensten)<sup>16</sup> steeg het energieverbruik met 4,3% ten opzichte van 2015. Opmerkelijk is het grote aandeel van elektriciteit in het energieverbruik, namelijk 41%. Dat benadert het aandeel van de belangrijkste energiedrager in de tertiaire sector namelijk: aardgas (met een aandeel van 46%). Stookolie vertegenwoordigt slechts 7,1% van het verbruik.

In de landbouwsector (land- en tuinbouw, zeevisserij, bosbouw en groenvoorziening) steeg het energieverbruik met 7,8% ten opzichte van 2015. De sector gebruikt vooral aardgas (55%) en stookolie (40%). Ten opzichte van 2005 daalde het energieverbruik met 8,5%. Door het groeiende aantal WKK- en groenestroominstallaties steeg het aandeel van aardgas en biomassa in het verbruik van deze sector.

---

<sup>16</sup> De sector handel & diensten omvat de subsectoren kantoren & administratie, onderwijs, handel, welzijn en overige dienstverlening.



Het energieverbruik in de transportsector tenslotte, waarvan het wegvervoer meer dan 95% vertegenwoordigt, steeg in 2016 met 1,2% ten opzichte van 2015. Ten opzichte van 2005 is een stijging van 5,3% te noteren. De transportsector maakt vooral gebruik van dieselolie. Het aandeel ervan in het energieverbruik van de sector is sinds 1990 gestegen van 58% naar 77% in 2016. Het benzineverbruik is in dezelfde periode bijna gehalveerd, maar is sinds 2014 aan een voorzichtige opmars bezig. Het elektriciteitsgebruik in de transportsector is met 1% van de finale energievraag nog zeer beperkt.

### 1.2.2 Probleemomschrijving

Het huidige Vlaamse energiesysteem wordt geconfronteerd met een aantal persistente en dringende problemen. In Vlaanderen is ongeveer driekwart van de uitstoot van broeikasgassen (BKGs) direct gelinkt aan het gebruik of de productie van energie. Naast de uitstoot van BKGs is het energiesysteem verantwoordelijk voor het merendeel van de uitstoot naar de omgevingslucht van pollutanten zoals NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs), dioxines, fijn stof en zware metalen. Tenslotte leidt het gebruik van nucleaire brandstof voor een belangrijk deel van de elektriciteitsproductie ook tot duurzaamheidsproblemen m.b.t. de productie van hoogradioactief afval, het risico op een grootschalig ongeval met catastrofale dimensies en de lage energetische efficiëntie van de huidige generatie kerncentrales (ongeveer 35% van de beschikbare nucleaire warmte wordt in elektriciteit omgezet, de overige 65% warmte wordt afgevoerd naar de omgeving via koeltorens).

België heeft er zich, in het kader van de strijd tegen de klimaatopwarming, toe verbonden om een lage koolstofstrategie te ontwikkelen die moet kaderen in een Europese ambitie om tegen 2030 de uitstoot van broeikasgassen te verminderen met minimaal 40% t.o.v. de uitstoot in 1990 en met 80% tot 95% tegen 2050. De strategie van de EU om deze doelstelling te realiseren bevat twee grote pijlers. Enerzijds werd op Europees niveau een systeem van 'cap & trade' emissiehandel (ETS) ontwikkeld, waarbij de 'cap' een plafond oplegt voor de gezamenlijke uitstoot van de energie-intensieve industrie in Europa. Op deze wijze zetten verhandelbare emissierechten een prijs op elke ton CO<sub>2</sub> die door de bedrijven die vallen onder het emissiehandelssysteem wordt uitgestoten. Voor de sectoren die niet onder ETS vallen (vooral de tertiaire sector, gebouwen, transport, landbouw en kleinere industriële bedrijven) zijn de lidstaten grotendeels zelf verantwoordelijk voor het ontwikkelen van een beleid.

Kenmerkend voor de vooruitgang tot dusver met betrekking tot het aanpakken van bovenvermelde ecologische duurzaamheidsproblemen is de eerder gefragmenteerde aanpak van een aantal deelaspecten in een generieke modus van 'optimalisatie': men tracht de impact en/of omvang van de klimaatverandering te milderen met acties die ingrijpen in het bestaande systeem. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de verbetering van de efficiëntie van het energieverbruik bij productie- en consumptieprocessen: minder energie verbruiken per eenheid van productie/gebruik. Het stijgend aandeel van hernieuwbare energiebronnen (binnen een structuur die in Vlaanderen/België nog steeds gedomineerd wordt door fossiele brandstoffen en kernenergie) is een ander voorbeeld. De huidige op 'optimalisatie' gerichte aanpak is te weinig gericht op het nastreven van veranderingen op systeemniveau met een perspectief op de lange termijn, zoals door het transitie denken voorop wordt gesteld. Een systemische blik en aanpak zijn noodzakelijk, gezien de inherente inertie van het huidige (energie)systeem dat stevig verankerd zit in (infra)structuren, routines, organisaties, machtsverhoudingen, enzovoort. Toch zijn er ook op beleidsniveau indicaties van een groeiende belangstelling voor het denken en plannen op lange termijn. We denken hier bijvoorbeeld aan



het zevende milieuactieprogramma van de Europese Unie<sup>17</sup>, dat de transitie naar een koolstofarme economie opneemt als een prioriteit. Op mondiaal niveau (VN) is 'Betaalbare en duurzame energie' aangenomen als één van de 'sustainable development goals' (SDGs)<sup>18</sup>. Op Belgisch federaal niveau is een interfederaal energiepact goedgekeurd, dat de krijtlijnen van het energiebeleid op de lange termijn (2050) uitzet<sup>19</sup>. In de toekomstvisie van de Vlaamse Regering (Visie 2050)<sup>20</sup> tenslotte is 'energietransitie' opgenomen als één van de zeven transitieprioriteiten, met een sterke link naar de transitieprioriteiten 'industrie 4.0' en 'circulaire economie'.

### 1.2.3 Doelstelling

Het doel van rapport is om de geplande MIRA-toekomstverkenning te onderbouwen door middel van een inventarisatie en evaluatie van mogelijke oplossingen die kunnen bijdragen tot de (ecologische) verduurzaming van het Vlaamse energiesysteem. Deze algemene doelstelling omhelst drie subdoelstellingen, die overeenkomen met de structuur van het voorliggende rapport:

- In kaart brengen van mogelijke oplossingen voor het Vlaamse energiesysteem binnen een structuur van oplossingsrichtingen (Hoofdstuk 2).
- In kaart brengen van het toepassingspotentieel, duurzaamheidsimpact en haalbaarheid van deze mogelijke oplossingen (Hoofdstuk 3).
- Gedetailleerd in kaart brengen van barrières en hefboomen die gewenste oplossingen (oplossingen met een groot toepassingspotentieel en algemeen positieve duurzaamheidsimpact) tot een versnelde implementatie kunnen leiden (Hoofdstuk 4).

### 1.2.4 Terminologie

Vooraleer we de structuur van dit rapport verder toelichten is het van belang om enkele kernconcepten die doorheen het rapport gebruikt worden duidelijk te omschrijven.

In het rapport verstaan we onder '**aanbodzijde**' de **productie en transformatie** van energie. Bij de aanbodzijde situeren we onder andere de elektriciteitsproductie, gasbedrijven en petroleumraffinaderijen. De '**vraagzijde**' van het energiesysteem betreft de **eindgebruikers die energiedragers gebruiken voor de invulling van hun behoeften**, bijvoorbeeld huishoudens die aardgas gebruiken voor de verwarming van hun woning, openbare diensten die met stroom zorgen voor de straatverlichting of de staalindustrie die kolen of cokes inzet om in hun hoogovens ijzer te smelten. Onder de '**afstemming van de vraag op het aanbod**' verstaan we hier zowel de technologieën die een fysieke koppeling maken tussen de vraag en aanbodzijde voor de levering van finale energie (zoals bv. warmtenetten of elektriciteitstransmissie en -distributie), als ook de mogelijkheden om het tijdstip en de aard van het finale energiegebruik (bv. overschakelen naar een andere energiedrager) af te stemmen op het aanbod van energie (bv. power-to-gas, flexibiliteit bij huishoudens en industrie, opslag van energie, enz.).

Om de ecologische duurzaamheidsimpact van het energiesysteem verder te doen dalen moet het energiegebruik waar mogelijk beperkt worden door aanpassing van het gedrag (bv. de thermostaat lager instellen), het resterende energiegebruik zo efficiënt mogelijk gebeuren (bv. halogeonlampen vervangen

---

<sup>17</sup> [https://www.europa-nu.nl/id/vjgoz7g439z9/besluit\\_nr\\_1386\\_2013\\_eu\\_van\\_het\\_europees](https://www.europa-nu.nl/id/vjgoz7g439z9/besluit_nr_1386_2013_eu_van_het_europees), geraadpleegd op 19/12/2017.

<sup>18</sup> <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>, geraadpleegd op 19/12/2017.

<sup>19</sup> <https://www.energiepact2050.be/>, geraadpleegd op 19/12/2017.

<sup>20</sup> <https://www.vlaanderen.be/nl/vlaamse-regering/visie-2050>, geraadpleegd op 19/12/2017.

door Ledlampen) en de energieproductie maximaal hernieuwbaar ingevuld worden met respect voor mens en milieu (bv. stroom opwekken met zonnepanelen). Bovendien maakt het groeiende aandeel aan variabele hernieuwbare stroomproductie (wind- en zonne-energie) een betere afstemming tussen elektriciteitsproductie en energiegebruik meer nodig (bv. elektrische boilers inschakelen bij een groot aanbod van hernieuwbare elektriciteit). Deze verschillende opties om het Vlaamse energiesysteem te verduurzamen noemen wij in dit rapport **‘oplossingsrichtingen’**. Elk van deze vier oplossingsrichtingen – **‘energiebesparing door gedragswijziging’**, **‘energiebesparing door energie-efficiëntie’**, **‘verduurzamen van energievraag en -aanbod’**, en **‘afstemmen energievraag op -aanbod’** – omvat verschillende mogelijke oplossingen voor de verschillende deelsystemen van het Vlaamse energiesysteem. Een **‘mogelijke oplossing’** is dus een verandering binnen een bepaald deelsysteem die minstens op één dimensie van de ecologische duurzaamheidsimpact (of milieu-impact) een verbetering kan betekenen (cf. *infra*).

Onder **‘duurzaamheidsimpact’** begrijpen wij zowel de ecologische duurzaamheidsimpact (of milieu-impact) als de sociale en economische **‘haalbaarheid’** van de verschillende oplossingen. Onder **milieu-impact** focussen we ons vooral op de directe impact veroorzaakt door het energetische eindgebruik in Vlaanderen, waar de uitstoot van BKGs en luchtpolluenten (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PAKs, dioxines, fijn stof en zware metalen) de belangrijkste rol spelen. Andere milieu-impacts (zoals bv. in het geval van kernenergie of grondstofgebruik voor batterijen) zullen waar relevant ook aangehaald worden. **Haalbaarheid** wordt ingeschat op basis van de betaalbaarheid en de maatschappelijke aanvaarding van de oplossing in kwestie.

### 1.3 Structuur van het rapport

De structuur van het rapport is opgevat volgens het model van een trechter, waarbij we vertrekkend van een ‘long list’ van mogelijke oplossingen gaandeweg keuzes maken m.b.t. haalbare en wenselijke oplossingen (van het standpunt van toepassingspotentieel en milieu-impact). Voor deze wenselijke oplossingen brengen we tenslotte de barrières en hefboomen in kaart die tot een versnelde toepassing kunnen leiden. Bij het uitvoeren van deze opdracht konden we ook rekenen op de inbreng van verschillende stakeholders en energie-experts, die op verschillende momenten bij de uitvoering van de studieopdracht betrokken werden via de organisatie van structurele overlegmomenten:

- Organisatie van een expertworkshop op 21 november 2017, waarbij aan de deelnemende energie-experts gevraagd werd om de haalbaarheid en wenselijkheid van de verschillende oplossingen die in de ‘long list’ werden opgenomen te valideren.
- Organisatie van drie thematische workshops m.b.t. de deeldomeinen “verduurzaming van de lage temperatuurwarmte en koudevoorziening in de gebouwde omgeving”, “verduurzaming van het energieaanbod en van de hoge temperatuur warmtevoorziening in de industrie”, en “afstemming van de energievraag op het energieaanbod”, waarbij de barrières en hefboomen met een impact op de duurzaamheidstransitie in deze deeldomeinen in kaart gebracht werden.

Voor een overzicht van alle voor de workshops uitgenodigde organisaties en deelnemers verwijzen we de lezer naar Annex 1 en Annex 4. De deelnemers aan de workshops hebben input geleverd voor de samenstelling van dit rapport, dit betekent echter niet dat de deelnemers het volledig eens zijn met de volledige inhoud van het eindrapport.

**Hoofdstuk 2** geeft een inventarisatie (de ‘long list’) van mogelijke oplossingen die binnen de verschillende vraag- en aanbodsectoren tot een relatieve verduurzaming van het energiesysteem kunnen leiden. Zoals hierboven vermeldt zien we ‘mogelijke oplossingen’ als veranderingen binnen een bepaald deelsysteem die



minstens op één dimensie van de ecologische duurzaamheidsimpact (of milieu-impact) een verbetering kunnen betekenen. Hierbij zijn we ons ervan bewust dat een verbetering binnen één of meerdere dimensies van de milieu-impact kan leiden tot negatieve impacts binnen andere dimensies. In hoofdstuk 2 beoogen we echter enkel een overzicht te maken van de oplossingen en hun huidige toepassingsgraad en een eerste indicatie te geven van de relevante milieu-impacts, zonder hier al een expliciete afweging te maken omtrent de wenselijkheid of haalbaarheid van de geïnventariseerde oplossingen.

**Hoofdstuk 3** bespreekt het toepassingspotentieel, de duurzaamheidsimpact en de haalbaarheid van de verschillende mogelijke oplossingen uit hoofdstuk 2. Onder ‘toepassingspotentieel’ verstaan we de mogelijke toepassingsgraad van de oplossingen tot 2050. Onder ‘duurzaamheidsimpact’ geven we een inschatting over de impact van het toepassingspotentieel op de uitstoot van broeikasgassen, lucht-polluenten, en eventuele andere milieu-impacts. Onder ‘haalbaarheid’ ten slotte geven we een inschatting over de betaalbaarheid van de innovaties en de mate waarin de innovaties al dan niet aanleiding kunnen geven tot maatschappelijke weerstand. De inschattingen omtrent toepassingspotentieel, duurzaamheids-impact en haalbaarheid werden grondig besproken en gevalideerd tijdens een expertworkshop (voor de methodologie en resultaten verwijzen we naar Annex 3).

**Hoofdstuk 4** bespreekt voor de meeste wenselijke oplossingen de belangrijkste barrières en opportunititeiten die uitgediept worden aan de hand van het (aangepast) technologische innovatiesysteem (TIS)-analysekader voor drie deeldomeinen van het energiesysteem: lage-temperatuurwarmte en koude levering voor de gebouwde omgeving, energieaanbod en levering van hoge temperatuurwarmte voor de industrie, en afstemming van energievraag op -aanbod. Voor elk van deze deeldomeinen werd een visie op een duurzame toekomst in 2050 voorgesteld, en werden achtergronddocumenten uitgewerkt die een oplijsting bevatten van de belangrijkste barrières en opportunititeiten om deze visie te realiseren (cf. Annex 5). Deze achtergronddocumenten vormden de input voor drie stakeholderworkshops, waarin aan de hand van de barrières en opportunititeiten een traject werd uitgezet voor de verduurzaming van de drie deeldomeinen.

## 2 INVENTARIS VAN MOGELIJKE OPLOSSINGEN IN DEELSYSTEMEN

In hoofdstuk 2 geven we een inventarisatie van mogelijke oplossingen die kunnen bijdragen tot een meer duurzaam toekomstig energiesysteem in Vlaanderen. Deze mogelijke oplossingen worden besproken binnen een structuur van vier oplossingsrichtingen (cf. Hoofdstuk 1), voor elk van de volgende sectoren:

- Gebouwde omgeving (sectie 2.1)
- Transport (sectie 2.2)
- Industrie (sectie 2.3)
- Landbouw (sectie 2.4)
- Centrale elektriciteitsproductie (sectie 2.5)
- Productie van duurzame biomassa (sectie 2.6)
- Raffinaderijen (sectie 2.7)
- Infrastructuur (sectie 2.8)
- Centrale afstemming energievraag op -aanbod (sectie 2.9)

Voor elk van de binnen deze sectoren en oplossingsrichtingen geïdentificeerde mogelijke oplossingen geven we op hoofdlijnen een analyse van volgende aspecten (cf. Annex 2):

- Toepassingsgraad in het huidige energiesysteem;
- Mate van ondersteuning door het beleid (bv. opgelegde doelstellingen, beleidsambities, subsidies, investeringssteun, enz.);
- Technologische maturiteit en toekomstverwachtingen;
- Oplijsting van mogelijk relevante duurzaamheidsimpacts en eerste beschouwingen m.b.t. haalbaarheid van de verschillende mogelijke oplossingen.

### 2.1 Gebouwde omgeving

De gebouwde omgeving is verantwoordelijk voor 25% van het finale energieverbruik in Vlaanderen<sup>21</sup>. In deze sectie beschouwen we het eindverbruik door huishoudens en handel & diensten. Het verbruik en bijhorende emissies binnen deze sector is afhankelijk van diverse factoren, zoals demografische factoren, economische groei, klimaat, gedrag, verbetering van de energie-efficiëntie en verduurzaming van de energiemix. In de volgende paragrafen lichten we de maatregelen toe die in de gebouwde omgeving kunnen getroffen worden om de duurzaamheidsimpact van het energiegebruik binnen deze sector te verlagen. Het gaat daarbij concreet om gedragsmaatregelen (sectie 2.1.1), maatregelen m.b.t. energie-efficiëntie (sectie 2.1.2), verduurzamen van de energiemix (sectie 2.1.3 en 2.1.4) en maatregelen m.b.t. afstemmen van vraag op aanbod (sectie 2.1.5). Het al dan niet implementeren van deze maatregelen hangt in belangrijke mate af van de aan- of afwezigheid van stimulerend beleid. Daarom geven we in elke sectie ook het huidige en geplande beleid (inzet van beleidsinstrumenten) aan dat van invloed kan zijn op het implementeren van de maatregelen.

---

<sup>21</sup> Jespers K., Dufait N., Al Koussa J., Dams Y., Neven T., Renders N., Vingerhoets P., Wetzels W. (2017). Energiebalans Vlaanderen 1990-2016. Beschikbaar op: <http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>

## 2.1.1 Energiebesparing door ruimtelijke ordening en gedragsverandering

### 2.1.1.1 Ruimtelijke ordening

In de eerste plaats kan energie bespaard worden door een gunstigere ligging van de gebouwen zelf. Zo verbruikt een kleine woning minder energie dan een grote, en een flat minder dan een alleenstaande woning – telkens in de veronderstelling van gelijkblijvend bewonersgedrag. De ‘verdichting’ van het gebouwenpark, waarbij mensen kleiner en dichter bij elkaar gaan wonen, is zeer sterk afhankelijk van de regelgeving die een financiële stimulans kan voorzien om minder in open ruimte te gaan wonen. In de voorbije jaren zien we een duidelijke tendens dat woonoppervlakte per gezin kleiner worden, in de toekomst is het ook mogelijk dat in Vlaanderen een beperkte verstedelijking plaatsvindt. De keuze van de gebruiker over de typologie van het gebouw (open bebouwing versus flatgebouw), de compactheid en de oriëntatie, naast de locatie (ruimtelijke ordening) speelt een belangrijke rol in de transitie naar een meer duurzame gebouwde omgeving. In een studie van de KULeuven<sup>22</sup> wordt de milieu-impact over de ganse levenscyclus (van grondstof tot sloop) van drie verschillende woningtypes onderzocht: een rijwoning, een vrijstaande woning en een appartement. In deze studie wordt geconcludeerd dat het optimaliseren van mobiliteit en het doordacht omgaan met de beperkte ruimte die ons nog rest, ook belangrijke punten voor een duurzame stedenbouw en ruimtelijke planning zijn.

### 2.1.1.2 Gedragsverandering

Het versnellen van energiebesparing in gebouwen zelf is zeker niet alleen een kwestie van techniek; belangrijk is het doen en laten van bewoners of de gebruikers. Het zijn immers gebruikers van het gebouw die de thermostaat instellen, die de keuze maken welke nieuwe koelkast ze kopen, elektrische apparatuur aan/uit schakelen of in stand-by zetten, etc. Diverse hedendaagse technologieën zoals automatische belichting, hoge isolatiegraad van de woning, slimme thermostaten, enz. proberen de noodzaak tot gedragsverandering te beperken, vaak ten bate van het comfortniveau en het gebruiksgemak. Toch kunnen de gebruikers allerlei acties ondernemen om energie te besparen. Een relevant onderscheid is dat tussen incidentele handelingen (eenmalige investeringen) en frequent verbruiksgedrag<sup>23</sup>. Over het algemeen gaan incidentele handelingen, zeker wanneer deze een grote investering vergen, gepaard met een meer bewuste informatieverwerking dan gewoontegedrag. Betrouwbare informatie kan de gebruiker dan ook een aanzet geven in de goede richting. Onder frequent verbruiksgedrag daarentegen vallen allerlei gedragspatronen die herhaaldelijk plaatsvinden; vaak zijn deze gewoontes geworden. Om verbruiksgewoontes te doorbreken is uitsluitend informeren niet voldoende. Interventies die ingrijpen op het handlingsmoment, zoals directe feedback en geheugensteuntjes, zijn effectiever. Op het vlak van energieconsumptie monitoring en -feedback is ervaring opgedaan met diverse technologieën, meer specifiek diverse communicatiekanalen en vormen van inhoudelijke content. M.b.t. de communicatiekanalen kunnen in-home displays (IHDs), maar ook websites, de zogenaamde ‘ambient displays’, meer informatieve energiefacturen, en smartphone apps worden gebruikt. M.b.t. de inhoud kunnen verschillende typen informatie gegeven worden, zoals huidig, historisch en verwacht verbruik (uitgedrukt in kWh en euro), al dan niet gedifferentieerd naar apparaat, alerts voor onverwacht hoog piekverbruik, en sociale feedback (vergelijking met anderen). Verschillende

---

<sup>22</sup> Allacker K. en Trigaux D., (2016). Presentatie Vlaamse Klimaattop,

[https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/3331/2017/Eindrapport\\_Rol%20ruimtelijke%20ordening%20in%20energie%20en%20klimaattopsite.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/3331/2017/Eindrapport_Rol%20ruimtelijke%20ordening%20in%20energie%20en%20klimaattopsite.pdf)

<sup>23</sup> MilieuCentraal (2016). Energiebesparing door gedragsverandering - Hoe motiveer je bewoners tot woningverbetering en nieuwe gewoonten, <https://omoooc.nl/wp-content/uploads/2016/11/Energiebesparing-door-gedragsverandering-MOOC-Slim-beleid-2016.pdf>

studies hebben de effectiviteit van energieconsumptiefeedback in kaart gebracht<sup>24</sup>. Uit deze studies blijkt dat er een grote mate van variatie is in de gerapporteerde energiebesparing in de range van 0-20%, waarbij de energiebesparing meestal tussen de 5 en 12% uitkomt.

De algemene houding ten opzichte van energiebesparing is positief<sup>25</sup>. Positieve attitudes en gedrags-intenties worden echter niet altijd automatisch vertaald naar energiebesparend gedrag<sup>23</sup>. Een van de belangrijkste redenen is het gebrek aan gevoelens van urgentie. Ook een gebrek aan kennis, inzicht in het eigen verbruik, vertrouwen en gedragscontrole, kunnen de kloof tussen intenties en daadwerkelijk energiebesparend gedrag vergroten. Het is in dit domein dat energielabels voor apparaten en technologieën als slimme meters/toestellen met bijhorende online applicaties (bv. een slimme thermostaat) een rol spelen.

tabel 1: status van de mogelijke oplossingen voor energiebesparing door gedragsverandering in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Status
<b>Reduceren warmte- en koelvraag door gedragsverandering</b>	Cijfers over energiebesparing door gedragsverandering voor Vlaanderen zijn niet beschikbaar. Volgens internationale studies kan energiebesparing d.m.v. monitoring en feedback oplopen tot 5 à 12%. Dit getal is echter sterk afhankelijk van context en onderliggende motivaties en attitudes.
<b>Ruimtelijke planning (verdichting, compactheid)<sup>26</sup></b>	Aandeel appartementen/flats in het gebouwenbestand evolueert van 20% in 2005 naar 24% in 2015 <sup>1</sup> . Dit impliceert een procentuele afname van het aantal alleenstaande woningen en een evolutie naar kleinere woningen.
<b>Elektriciteitsvraag als gevolg gebruik apparaten en verlichting</b>	Het elektriciteitsverbruik per gezin is met 9% gedaald over de periode 2005-2015 <sup>1</sup> . Dit cijfer omvat zowel de daling van de gemiddelde gezinsgrootte als de daling als gevolg van een verbeterde energie-efficiëntie.

### 2.1.2 Energie-efficiëntie van verwarming, koeling, apparatuur en verlichting

De verbetering van energie-efficiëntie kan op het niveau van de gebouwschil of op het niveau van de installaties voor verwarming, sanitair warm water, koeling, ventilatie en verlichting. Sinds de invoering van de Energieprestatie-richtlijn<sup>27</sup> in Vlaanderen is de energieprestatie van nieuwbouw en grondige renovatie sterk verbeterd. De afgelopen 10 jaar was immers een Energieprestatie- of E-peil-eis noodzakelijk voor nieuwe woongebouwen, scholen en kantoren, en later ook voor energetisch ingrijpende renovaties (vergunningsplichtig). Vanaf 2017 geldt een E-peil tevens voor alle niet-residentiële gebouwen (ziekenhuizen, rusthuizen, bioscopen, winkels, enz.). Deze evoluties kaderen in de Europese verplichting om steeds minder energie te verbruiken en om in 2021 bijna-energie neutraal te bouwen. Tussen nu en 2021 wordt het verplichte E-peil stapsgewijs aangescherpt. In 2018 werd voor woongebouwen een nieuwe stap

<sup>24</sup> Darby, S. (2006). The effectiveness of feedback on energy consumption. A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays. Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford;

Faruqui, A., Sergici, S., Sharif, A. (2009). The impact of information feedback on energy consumption – a survey of the experimental evidence. *Energy* 35: 1598-1608;

Stromback, J., Dromacque, C., Yassin, M. H. (2011). Empower Demand. The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison. VaasaETT Global Energy Think Tank, Helsinki, Finland. Beschikbaar op <http://www.esmig.eu/press/filestor/empower-demand-report.pdf>

<sup>25</sup> VEA (2017). Het energiebewustzijn en -gedrag van de Vlaamse huishoudens 2017, <http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/grafisch%20rapport%202017.pdf>

<sup>26</sup> <http://statbel.fgov.be/nl/modules/publications/statistiques/economie/downloads/bouwvergunningen.jsp>, geraadpleegd op 28/9/2017.

<sup>27</sup> Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.





potentieel voor energiebesparing dat beter gerealiseerd kan worden door gepast beleid en bewustmakingscampagnes, zodat energiezuinige toestellen nog sneller de markt betreden<sup>34</sup>. In vele Europese landen, waaronder België, blijft het aandeel toestellen ouder dan 10 jaar aanzienlijk; Denemarken vormt hierop een uitzondering<sup>35</sup>.

tabel 2: status van de mogelijke oplossingen voor energiebesparing door energie-efficiëntie in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Status
<b>Renovatiegraad bestaande gebouwen</b>	Anno 2010 bedraagt gemiddelde finaal energieverbruik voor verwarming in de huishoudelijke sector (België) 139 kWh/m <sup>2</sup> . In de dienstensector bedraagt dit 0,18 GWh/M€ toegevoegde waarde. Er blijft een sterk verbeterpotentieel, waar het Vlaamse beleid tracht aan tegemoet te komen (REG premies, Renovatiepact 2050, BEN renovatie ...)
<b>Renovatiesnelheid bestaande gebouwen</b>	Vandaag wordt ongeveer 1% van bebouwde oppervlakte grondig gerenoveerd per jaar <sup>36</sup> .
<b>Netto energiebehoefte nieuwe gebouwen</b>	Het EPB beleid geeft aan dat Netto Energie Behoefte (NEB) max. 70 kWh/m <sup>2</sup> mag bedragen voor nieuwe woningen. De invoering van het S-peil <sup>37</sup> zal deze eis vervangen.

### 2.1.3 Decentrale warmteproductie

Volgens een studie uitgevoerd in opdracht van het departement Omgeving dient de inpassing van lokale hernieuwbare energieproductie in het energiesysteem bij voorkeur collectief of op het niveau van de wijk te gebeuren<sup>38</sup>. Voor wat de warmtevraag betreft denken we hierbij op bepaalde locaties vooral aan de uitbouw van warmtenetten, gevoed door groene warmte of restwarmte (zie ook sectie 2.8.4). In Vlaanderen wordt vandaag echter het overgrote deel van de warmte- en koude vraag ingevuld met individuele systemen. Naast duurzame collectieve systemen, kunnen op niveau van het individuele gebouw warmtepompen en zonneboilers en eventueel biomassa-installaties (die echter niet goed scoren op het gebied van emissies van fijn stof) bijdragen tot de verduurzaming van de brandstofmix voor verwarming en koeling. Een omschakeling naar elektrisch aangedreven warmtepompen kent wel een aantal randvoorwaarden. Deze pompen functioneren enkel optimaal (hoog rendement) in woningen met een voldoende hoge isolatiegraad en lage-temperatuur distributiesystemen (zoals vloerverwarming). Wanneer massaal gasgestookte ketels vervangen worden door warmtepompen zal op vele plaatsen een aanpassing van het elektriciteitsnet noodzakelijk zijn<sup>39</sup>. Naast elektrische warmtepompen kunnen in bestaande woningen of

<sup>34</sup> IEA (2015). Transition to sustainable buildings – Strategies and Opportunities to 2050, [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building2013\\_free.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building2013_free.pdf)

<sup>35</sup> De Almeida et al. (2011). Characterization of the household electricity consumption in the EU – potential energy savings and specific policy recommendations, Energy in Buildings ENB-3163, [https://www.iea.org/media/statistics/eemanual/REMODECE\\_PAPER\\_ENB\\_April2011.pdf](https://www.iea.org/media/statistics/eemanual/REMODECE_PAPER_ENB_April2011.pdf)

<sup>36</sup> Gebaseerd op het aantal vergunningen afgeleverd voor verbouwingen. Hierbij moet opgemerkt worden dat niet elke vergunningsplichtige verbouwing een energetisch ingrijpende verbouwing betreft, en dat energetische renovaties vaak niet vergunningsplichtig zijn. Dit cijfer betreft dus een ruwe schatting.

<sup>37</sup> Het 'S-Peil' is een indicator die alle energetische kwaliteiten van de gebouwschil, zowel de winsten als de verliezen, gelijkwaardig evalueert ten opzichte van de vormefficiëntie. Meer informatie: <http://www.energiesparen.be/epb/s-peil>

<sup>38</sup> Departement Omgeving (2017). De rol van ruimtelijke ordening in de energie- en klimaattransitie, [https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/3331/2017/Eindrapport\\_Rol%20ruimtelijke%20ordening%20in%20energie%20en%20klimaattransitie.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/3331/2017/Eindrapport_Rol%20ruimtelijke%20ordening%20in%20energie%20en%20klimaattransitie.pdf)

<sup>39</sup> RVO (2016). Energiebesparing gebouwde omgeving, <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/11/Monitor%20energiebesparing%20gebouwde%20omgeving%202015.pdf>

appartementengebouwen hybride of gas gedreven warmtepompen een oplossing bieden. De flexibiliteit in de keuze van energiebron voor hybride warmtepompen maakt deze systemen geschikt voor het leveren van ondersteunende diensten voor het energiesysteem. Zo trekt de hybride warmtepomp minder elektrisch piekvermogen, waardoor het elektriciteitsnet minder zwaar belast wordt. Er bestaan ook hybride systemen waarbij de warmtepomp gecombineerd wordt met andere hernieuwbare energiebronnen. Zo zijn er modellen die worden aangesloten op thermische zonnecollectoren en dus de werking van een warmtepomp en een zonneboiler combineren<sup>40</sup>. Binnen de huidige nieuwbouw, merkt men dat (elektrisch aangedreven) warmtepompen meestal worden gecombineerd met lokale elektriciteitsproductie door zonnepanelen<sup>14</sup>.

tabel 3: status van de mogelijke oplossingen voor decentrale warmteproductie in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Status
<b>Warmtepompen (elektrisch aangedreven)</b>	Gezien de hernieuwbare energieverplichting <sup>41</sup> kennen warmtepompen de belangrijkste groei in nieuwbouwwoningen. Ongeveer 15,5% van de woningen met bouwvergunning uit 2014 en een ingediend dossier in 2016 waren uitgerust met een warmtepomp. Daarnaast worden warmtepompen gestimuleerd via REG-premies.
<b>Micro-WKK</b>	Zeer beperkte inzet
<b>Biomassa-installaties (pelletketel)</b>	De evolutie van de brandstofprijzen resulteerde in een dalende inzet van deze technologie.

#### 2.1.4 Decentrale elektriciteitsproductie (prosumenten)

De verduurzaming van de elektriciteitsvraag binnen de gebouwde omgeving kan op twee manieren gerealiseerd worden. Enerzijds door het gebruik van hernieuwbare energie die elders wordt geproduceerd. Dit heeft geen impact op de wijze waarop gebouwen worden gebouwd of ingepland. Anderzijds zullen er meer kleinschalige producenten (prosumenten) komen die energie zullen aanbieden via zonnepanelen, kleinschalige windturbines, micro-WKKs, enzovoort. Zonne-energie kende en kan een belangrijke groei kennen in Vlaanderen. Op 31 maart 2017 bedroeg het geïnstalleerde vermogen aan PV-installaties meer dan 2,4 GW (goed voor een productie van 2,2 TWh)<sup>42</sup>. Vooral de jaren 2009-2011 kenden een sterke stijging van installaties van zonnepanelen, door de toen geldende zeer gunstige steunvoorwaarden. Gezien het verwachte belang van zonne-energie (PV-systemen) (cf. sectie 3.1.4) in het toekomstige energiesysteem in vergelijking met micro-WKKs focussen we ons in wat volgt op deze technologie. Kleinschalige windturbines worden besproken bij onshore windenergie (cf. Sectie 2.5.1.1).

In een fotonvoltaïsche zonnecel wordt licht omgezet in elektriciteit. Hoeveel stroom een cel produceert, hangt af van hoeveel licht beschikbaar is, direct of indirect. Zonnecellen worden aan elkaar geschakeld in zonnepanelen of zogeheten PV-modules. Beleidsmatig wordt een onderscheid gemaakt tussen kleinere (particuliere of huishoudelijke) installaties ( $\leq 10$  kW) en grotere (niet-particuliere) installaties ( $> 10$  kW).

<sup>40</sup> VITO/EnergyVille (2017). Nota in kader van Steunpunt Energie – Potentieel Warmtepompen 2030, in opdracht van VEA, niet publiek beschikbaar.

<sup>41</sup> Voor stedenbouwkundige vergunningsaanvragen of meldingen vanaf 1 januari 2014 moet elke nieuwbouw (of ermee gelijkgesteld) woning, kantoor en school in Vlaanderen een minimum hoeveelheid energie halen uit hernieuwbare bronnen. Deze verplichting wordt opgelegd door de Europese Richtlijn Hernieuwbare Energie (2009/28/EG) en is via een wijziging van het Energiebesluit, opgenomen in de Vlaamse energieprestatieregelgeving. Meer info: <http://www.energiesparen.be/epb/groeneenergie>

<sup>42</sup> VEA (2017). Barometer groene energie, <http://www.energiesparen.be/cijfers/zonnepanelen>

Op vlak van de huidige materialen voor fotovoltaïsche cellen zijn de voornaamste spelers multicristallijn Silicium (Si) en monocristallijn Si (samen vertegenwoordigen deze types ongeveer 90% van de wereldwijde markt)<sup>43</sup>. Monocristallijn Si heeft een hogere efficiëntie maar is ook duurder. Er wordt getracht de efficiëntie van de cellen te verhogen en de benodigde dikte te reduceren, zodat ook de kostprijs van het systeem verlaagd wordt. Multicristallijn Si-cellen hebben een gemiddelde efficiëntie van 16-17%, terwijl dit voor monocristallijn Si-cellen 20-21% is. Het Internationaal Energieagentschap (IEA) stelt als lange termijn-doelstelling (2030/2050) een efficiëntie van 21% voor multicristallijn Si-cellen, en 25% voor monocristallijn Si-cellen voorop.

Een innovatief concept maakt gebruik van dunne filmcellen. Deze worden gemaakt door een zeer dunne laag fotosensitief materiaal te hechten aan een drager (glas, staal, plastic). Deze technologie biedt belangrijke voordelen zoals een lagere kostprijs dan Si-gebaseerde cellen, lager materiaalgebruik, en de mogelijkheid tot integreren in bouwmaterialen ('building integrated PV'); maar de materialen hebben tot nog toe ook een lagere efficiëntie: voor amorf Si is dit gemiddeld 10% en voor Cadmium Tellurium-cellen 12%. Het IEA stelt als lange termijn-doelstelling (2030/2050) een efficiëntie van 15% voor beide types voorop.

Nog innovatievere concepten maken gebruik van organisch materiaal en/of nanotechnologie om zonnecellen te fabriceren. Deze technologie biedt vooral voordelen op het gebied van materiaalgebruik. Organisch materiaal is ook qua vorm zeer flexibel en kan aangebracht worden op vrijwel elk oppervlak. Hierbij kun je denken aan dunne plastic films of zelfs verschillende lagen verf. De huidige systemen bevinden zich nog in de onderzoeksfase; momenteel hebben deze organische cellen nog een zeer lage efficiëntie.

tabel 4: status van de mogelijke oplossingen voor fotovoltaïsche systemen in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Status
<b>Mono- en multicristallijn Si-cellen</b>	Commercieel beschikbaar. Innovatie (continue verbetering) op gebied van efficiëntie, 'energy payback time' (momenteel ongeveer 3 jaar), hoeveelheid materiaal per $W_p$ en levensduur.
<b>Dunne filmtechnologie</b>	Commercieel beschikbaar maar vooralsnog klein marktaandeel, continue verbetering van efficiëntie en productie.
<b>Organische cellen, gebruik van nanotechnologie</b>	Onderzoeksfase

### 2.1.5 Afstemming van energievraag op -aanbod door slimme apparaten

In de recente jaren merkt men binnen de gebouwde omgeving een toename van informatie- en communicatietechnologie (ICT) gebaseerde systemen die de gebruikers toelaten toestellen te bedienen of te programmeren vanop afstand. Zo kan men bijvoorbeeld met een smartphone de thermostaat aansturen, verlichting regelen enz. Deze slimme apparatuur kan ook aangestuurd worden door externe factoren, zoals de buitentemperatuur, signalen van de netbeheerder en marktsignalen (slimme netten). Denken we hierbij aan de slimme sturing van warmtepompen (en bijhorende boilers) ter balanceren van het net. Daarnaast bestaat er technologie die met behulp van sensoren en software kan anticiperen op de noden van de gebruikers, ten bate van comfort, gezondheid, veiligheid en ook energie-efficiëntie. Denken we hierbij aan

<sup>43</sup> Deze paragraaf is vooral gebaseerd op de PV Technology Roadmap van het IEA, [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/pv\\_roadmap.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/pv_roadmap.pdf)



geautomatiseerde, vraag gestuurde verlichting, verwarming en koeling die de piekvraag met 20% kunnen verminderen<sup>34</sup>.

Tegelijk vinden andere technologieën zoals PV-panelen, warmtepompen, thuisbatterijen, elektrische boilers, en elektrisch voertuigen meer en meer ingang bij huishoudens of KMOs. Deze technologieën – in combinatie met het ‘smart grid’ – maken het mogelijk voor gebruikers flexibiliteit in energiegebruik aan te wenden om net ondersteunende diensten te leveren waardoor het bestaande net efficiënter gebruikt kan worden. Hiertoe kan gebruik worden gemaakt van specifieke ‘incentives’ gebaseerd op ofwel de beschikbare capaciteit aan flexibiliteit, ofwel de daadwerkelijk geleverde flexibiliteit. Ook kan gebruik gemaakt worden van dynamische tarieven (een vorm van tarifiering waarbij het betaalde tarief sterk varieert in de tijd, afhankelijk van vraag en aanbod aan energie). Er is echter een sterke mate van onzekerheid over de mate waarin consumenten zich voor dergelijke diensten willen engageren<sup>44</sup>. Huidige pilotstudies geven hoopvolle resultaten, maar het is onzeker op welke manier en in welke mate opschaling zal plaatsvinden naar het grote publiek. Bij de daadwerkelijke adoptie van flexibel energiegedrag spelen echter een scala aan drivers en barrières een rol. Naast de financiële aspecten kunnen afhankelijk van de specifieke doelgroep diverse andere aspecten een rol spelen, zoals comfort, controle, data privacy, kennis enz.

Specifiek voor elektrische mobiliteit kan door de implementatie van ‘vehicle-to-grid’ technologie de benodigde bijkomende elektriciteitsvraag afgestemd worden op het capaciteitspatroon van hernieuwbare energiebronnen (cf. Sectie 2.2.3.1).

tabel 5: status van de mogelijke oplossingen voor de afstemming van energievraag op -aanbod in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Status
Slimme apparaten	Commercieel beschikbaar, maar effectieve toepassing afhankelijk van juiste ‘incentive’
‘Smart charging’ voor elektrische voertuigen	Demonstratie
‘Vehicle-to-grid’ technologie	Demonstratie

## 2.2 Transport

De Europese Commissie<sup>45</sup> zette in haar strategieoverzicht voor mobiliteit de krijtlijnen uit voor de evolutie naar lage-emissie mobiliteit. Ze houdt hierbij rekening met de stijgende mobiliteitsnoden van personen en goederen in een moderne Europese economie en competitieve markt. De strategie van de Europese Commissie steunt op volgende maatregelen:

- Verhogen van de efficiëntie van het transportsysteem;
- Versnellen van de inzet van lage-emissie alternatieve energiebronnen in transport;
- Versnellen van de beweging naar zero-emissie voertuigen.

<sup>44</sup> Balta-Ozkan, N., Watson, T., Connor, P., Axon, C., Whitmarsh, L., Davidson, R., Spence, A., Baker, P., Xenias, D., Cipcigan, L. and Taylor, G. (2014). Scenarios for the Development of Smart Grids in the UK - Synthesis Report, London: UKERC. In deze UKERC studie worden milieu en kosten daarbij gezien als belangrijkste drivers, met controle als een belangrijke voorwaarde. Ook bezorgdheden m.b.t. tot het gebruik van data, goede communicatie van het achterliggende ‘verhaal’, interessante waardenproposities, en een evenwichtige verdeling van kosten en baten worden daarbij als bepalende aspecten genoemd.

<sup>45</sup> European Commission (2016). Fact Sheet : A European Strategy for low-emission mobility. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-16-2497\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-2497_en.htm), geraadpleegd op 29/9/2017.



### 2.2.1 Mobiliteitsvraag

Eén van de grootste factoren die het energieverbruik en emissies in de transportsector van vandaag drijft is de mobiliteitsvraag. Deze vraag bepaalt de gereden of gevaren kilometers en hangt enerzijds af van het aantal trips en anderzijds van de lengte per trip. Maatregelen die tot doel hebben de mobiliteitsvraag te beperken, kunnen op één of beide facetten inspelen.

We denken in dit kader aan het stimuleren van gedragswijzigingen, bijvoorbeeld flexibele reistijden, meer tele- of thuiswerk, aaneenschakeling van trips en het verminderen van verplaatsingen zonder doel. Ook maatregelen die inspelen op de ruimtelijke planning kunnen een gunstig effect veroorzaken op de mobiliteitsvraag. Door meer geconcentreerd te wonen of het bevorderen van functionele verweving in steden verandert immers het karakter van verplaatsingen en is het eenvoudiger om verplaatsingen duurzamer te maken met behulp van langzame modi of openbaar vervoer.

Maatregelen en beleidsinstrumenten die inspelen op de mobiliteitsvraag zullen verder in meer detail behandeld worden in het achtergronddocument m.b.t. het mobiliteitssysteem.

### 2.2.2 Modale keuze

De tweede factor die het energieverbruik en emissies van transport stuurt, is de modale keuze: met welk vervoersmiddel of welke combinatie van vervoersmiddelen wordt de mobiliteitsvraag ingevuld?

In de huidige situatie zien we dat wegtransport een groot aandeel uitmaakt in de keuze van de vervoersmiddelen bij de invulling van de mobiliteitsvraag, zowel bij personenvervoer als bij goederenvervoer. De Europese Commissie geeft aan dat een evolutie nodig is naar transportpatronen waarin grotere volumes goederen en meer personen tegelijkertijd naar hun bestemming gebracht worden met de efficiëntste combinatie van modi. Dit houdt in dat er meer gebruik moet worden gemaakt van bussen, spoorverkeer en vliegverkeer voor passagiersvervoer en multimodale oplossingen die steunen op vervoer over water en spoor voor vrachtvervoer. Individueel transport wordt bij voorkeur enkel ingezet voor de laatste kilometers van de trip en uitgevoerd met schone voertuigen. Digitale technologieën faciliteren simpelere en meer betrouwbare transfers en de koppeling van modale netwerken tot multimodale verbindingplatformen. Online informatie en elektronische boekings- en betalingssystemen ondersteunen deze verschuiving naar multimodaal vervoer<sup>45,49</sup>. Daarnaast biedt het nieuwe concept ‘mobiliteit als een dienst’ zich aan. Hierbij wordt afgestapt van het klassieke model van voertuigbezit als basis voor het tegemoet komen aan de mobiliteitsnoden. Mobiliteit wordt door de consument als dienst ingekocht. Informatietechnologie zal worden ingezet om de verschillende stappen van de multimodale keten te koppelen en barrières voor de introductie van innovatieve mobiliteitsdiensten te overwinnen<sup>45</sup>. De evoluties in de modale keuze en mogelijke maatregelen om deze keuze te beïnvloeden worden eveneens in meer detail beschreven in het achtergronddocument m.b.t. het mobiliteitssysteem.

Daarnaast kunnen maatregelen en systemen ter ondersteuning van het rijgedrag ook resulteren in hogere energie-efficiëntie voor het wegverkeer. Aan de kant van de bestuurder zorgt ecodriving voor een brandstofbesparing door de bestuurder bewust te maken van zijn rijgedrag. Regelmatige herhaling van de

---

<sup>49</sup> Directorate-General for Mobility and Transport, European Commission (2011). White Paper on Transport: Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a Competitive and Resource-Efficient Transport System.  
[https://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/2011\\_white\\_paper\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/strategies/2011_white_paper_en)

ecodriving-opleiding is noodzakelijk om blijvende resultaten te boeken. Aan de kant van het voertuig, kan de brandstofefficiëntie verhoogt worden door het gebruik van navigatiesystemen, snelheidscontrole-systemen en/of adaptieve/preventieve cruisecontrolesystemen. Deze systemen ondersteunen een efficiënte, minder dynamische rijstijl (minder optrekken en afremmen) door de bestuurder informatie aan te bieden over een zo optimaal mogelijke rijstijl of door deze brandstof besparende acties zelf toe te passen. Het gebruik van ITS-systemen, traffic management systemen buiten het voertuig, kunnen een vlottere verkeersdoorstroming stimuleren en kunnen op die manier ook bijdragen tot een efficiëntieverhoging van het wegvervoer. Het potentieel van deze maatregelen is echter moeilijk in te schatten en behoeft meer onderzoek<sup>62</sup>.

tabel 6: status van de mogelijke oplossingen voor gedragsverandering in de transportsector

Mogelijke oplossing	Status
<b>Reductie mobiliteitsvraag</b>	Voor personenvervoer zagen we een stabilisatie in het aantal personenkilometers tussen 2000 en 2006, gevolgd door een stijging vanaf 2007, uitgezonderd voor het crisisjaar 2009. Het aantal personenkilometers afgelegd met auto of moto kende een verdubbeling in de periode tussen 2000 en 2012. Daarnaast kende het aantal tonkilometers afgelegd door goederenvervoer een stijging tussen 2000 en 2008 en een enorme terugval t.g.v. de financieel-economische crisis. Naar voertuig-prestaties toe, vertalen deze trends zich in een stijgend aantal voertuigkilometers tussen 2000 en 2007, een lichte terugval in de jaren na de crisis. In 2012 werden in totaal 11% meer voertuigkilometers afgelegd dan in 2000.
<b>Modale verschuiving</b>	Bij personenvervoer zien we reeds een verschuiving van individueel vervoer (auto en moto) naar collectief vervoer (bus, tram en trein) tussen 2000 en 2012, terwijl bij vrachtvervoer het aandeel over de weg stijgt van 75% naar 79% in dezelfde periode.
<b>Verhoging energie-efficiëntie door gedrag</b>	Voertuigen voor professioneel gebruik zijn vaak reeds uitgerust met navigatie-, snelheidscontrole en cruisecontrole-systemen; vrachtwagenchauffeurs volgen ecodriving-opleidingen.

### 2.2.3 Technologische innovaties

De efficiëntie van de modale keuze is in grote mate afhankelijk van de evolutie van de energie-efficiëntie van de verschillende modi. Ondanks de stappen die reeds gezet zijn in de transportsector om de energie-efficiëntie te verhogen, blijft er op technologisch vlak nog potentieel om de decarbonisatie van de transportsector verder te zetten. Daarom lichten we in deze paragraaf verschillende potentiële technologische innovaties toe waarvan vermoed wordt dat die een oplossing kunnen bieden voor de duurzaamheidsproblematiek binnen de transportsector<sup>50</sup>.

#### 2.2.3.1 Elektrificatie

Zoals ook aangegeven in de Vlaamse Energievisie<sup>48</sup>, bieden elektrische voertuigen een groot potentieel om de directe emissies ten gevolge van transport te verminderen, aangezien elektrische voertuigen geen directe emissies uitstoten en enkel veel lagere niet-uitlaatemissies genereren ten gevolge van slijtage van remmen en banden, slijtage van wegdek en resuspensie van fijn stof. De indirecte emissies van elektrische voertuigen hangen samen met de oorsprong van de elektriciteit die nodig is om de elektrische voertuigen

<sup>50</sup> European Environment Agency (2016). Electric vehicles and the energy sector - impacts on Europe's future emissions. <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/electric-vehicles/electric-vehicles-and-energy>, geraadpleegd op 29/9/2017.

op te laden. Momenteel is het aandeel alternatieven klein in het nieuwe personenwagenpark: in 2015 bestond slechts 2,9% van het nieuwe personenwagenpark uit alternatieve voertuigen. Het grootste deel van deze alternatieven zijn hybriden en plug-in hybride voertuigen die nog steeds grotendeels op fossiele brandstoffen rijden<sup>51</sup>. Voor elektrische voertuigen blijkt vooral de beperkte laadinfrastructuur en ‘range anxiety’ een grote drempel in de overstap van een verbrandingsmotor naar een elektrisch aangedreven voertuig<sup>52</sup>.

In de toekomst wordt verwacht dat elektrische voertuigen sterk zullen evolueren op het vlak van batterijcapaciteit en kostprijs van de batterij. Daarnaast zullen elektrische voertuigen profiteren van schaalvoordelen die gerealiseerd kunnen worden wanneer deze in grotere volumes geproduceerd worden. Steeds meer autoconstructeurs kondigen immers aan dat ze in de toekomst zullen investeren in de ontwikkeling van elektrische voertuigen. Om de weg vrij te maken voor een verhoogde penetratie van elektrische voertuigen in de vloot, zal geïnvesteerd moeten worden in nieuwe standaard- en snel laadstations – waar bij voorkeur gebruik gemaakt wordt van een gemeenschappelijke standaard voor het aansluitpunt – voor elektrische voertuigen met elektriciteit afkomstig van hernieuwbare energiebronnen<sup>52,53,54</sup>. Bovendien kan door de implementatie van ‘smart charging’ de benodigde bijkomende elektriciteitsvraag afgestemd worden op het capaciteitspatroon van hernieuwbare energiebronnen<sup>50, 54</sup>. Een studie van de CREG heeft namelijk uitgewezen dat een grootschalige aansluiting van elektrische voertuigen in een ‘vehicle-to-grid’-systeem, kan leiden een positieve wisselwerking tussen vraag en aanbod in het elektriciteitssysteem<sup>55</sup>. In een ‘vehicle-to-grid’-systeem wordt de batterij van niet-rijdende elektrische voertuigen op intelligente manier beheerd zodat zowel elektriciteit energie onttrokken als geleverd kan worden aan het energiesysteem. Het aandeel van de voertuigen dat via ‘smart charging’ aangestuurd wordt is uiteindelijk beperkt tot het aantal elektrisch aangedreven voertuigen, en uiteraard zal een deel van de bevolking verkiezen om op elk moment de volle capaciteit qua rijafstand ter beschikking te hebben. Een bijkomende barrière voor ‘vehicle-to-grid’ ontlading is het feit of de autoconstructeurs deze mogelijkheid moeten inbouwen in hun voertuigen, wat nu doorgaans niet het geval is. De regulering kan zowel een hefboom als een barrière zijn voor ‘smart charging’.

---

<sup>51</sup> Vlaamse Milieumaatschappij (2016). Milieurapport Vlaanderen: Aantal nieuwe voertuigen aangedreven met alternatieve energie.

<https://www.milieuraapport.be/sectoren/transport/sectorkenmerken/nieuwe-voertuigen-op-alternatieve-energie/>, geraadpleegd op 29/9/2017.

<sup>52</sup> Mol, C. en Cools, I. - Programme Office Elektrische Voertuigen (2015). Eindrapport Vlaamse Proeftuin Elektrische Voertuigen. [http://proeftuin-ev.be/sites/proeftuin-ev.be/files/article\\_attachements/Eindrapport%20-Vlaamse%20Proeftuin%20Elektrische%20Voertuigen\\_0.pdf](http://proeftuin-ev.be/sites/proeftuin-ev.be/files/article_attachements/Eindrapport%20-Vlaamse%20Proeftuin%20Elektrische%20Voertuigen_0.pdf)

<sup>53</sup> European Commission (2017). Press release: State aid: Commission green-lights German green cars infrastructure. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-17-266\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-266_en.htm), geraadpleegd op 29/9/2017.

<sup>54</sup> Kasten, P., Bracker, J. Haller, M. en Purwanto, J. (2016). Electric mobility in Europe - Future impact on the emissions and the energy systems. <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Assessing-the-status-of-electrification-of-the-road-transport-passenger-vehicles.pdf>

<sup>55</sup> Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en Gas (2010). Studie over de mogelijke impact van de elektrische auto op het Belgische elektriciteitssysteem.

<http://www.creg.be/nl/publicaties/studie-over-de-mogelijke-impact-van-de-elektrische-auto-op-het-belgische>





milieuvriendelijkheid van binnenvaart te verhogen<sup>58,59,60</sup>. Verder kan in de toekomst aan boord van binnenvaartschepen elektrische energie in accu's of via transformatie van waterstof of synthetisch methaan opgeslagen worden voor de aandrijving van binnenschepen<sup>61</sup>.

### 2.2.3.2 Hernieuwbare energie

In 2014 werd 5% van het energiegebruik door transport ingevuld door hernieuwbare energie. De hernieuwbare energie bestond voornamelijk uit biodiesel en in mindere mate bio-ethanol bij wegverkeer, en uit groene stroom bij het elektrisch spoorwegverkeer. Conventionele biobrandstoffen komen echter in conflict met de voedselmarkt en beïnvloeden landgebruik op indirecte wijze. Daarom wordt het gebruik van conventionele biobrandstoffen afgetopt, en wordt de inzet van geavanceerde biobrandstoffen naar voren geschoven. Deze geavanceerde of 2<sup>e</sup>-generatie biobrandstoffen zijn afkomstig van niet-voedsel gerelateerde producten (bijvoorbeeld bio-methaan uit organische reststromen en mest of cellulose). Doordat de commercialisatie van deze geavanceerde biobrandstoffen nog in zijn kinderschoenen staat, kan het potentieel ervan niet duidelijk bepaald worden (zie ook sectie 2.6)<sup>62</sup>. Biobrandstoffen zullen echter in de toekomst een grote rol blijven spelen in de reductie van broeikasgassen door transport, omdat ze gebruikt worden als alternatief voor fossiele brandstoffen<sup>45,51</sup>. In het achtergronddocument m.b.t. het mobiliteitssysteem kan een uitgebreide fiche over geavanceerde biobrandstoffen teruggevonden worden.

In de luchtvaartsector bieden biobrandstoffen één van de weinige mogelijkheden tot vergroening. Gezien het mondiale karakter van luchtvaart, kunnen ondersteunende beleidsmaatregelen zoals die voor in de wegtransportsector ingezet worden, moeilijker toegepast worden. Daarom wordt verwacht dat een groter gebruik van biobrandstoffen in de luchtvaartsector voornamelijk gestimuleerd kan worden via de prijs ervan<sup>51</sup>.

De inzet van biobrandstoffen in de binnenscheepvaart ter vervanging van gasolie of diesel is in theorie mogelijk, maar lijkt in de praktijk minder realistisch omdat verwacht wordt dat vloeibare biobrandstoffen niet op duurzame wijze in de vereiste hoeveelheden geproduceerd kunnen worden<sup>61</sup>.

### 2.2.3.3 Alternatieve aandrijftechnologieën

Naast de penetratie van elektrische voertuigen en inzet van hernieuwbare energiebronnen, bieden ook andere aandrijftechnologieën een reductiepotentieel voor broeikasgassen in de transportsector. Hierbij denken we dan aan voer- en vaartuigen op aardgas (LNG/CNG), waterstof en dimethylether (DME). Het aandeel voertuigen op alternatieve aandrijftechnologieën in de huidige voertuigenvloot is nagenoeg nihil<sup>51</sup>.

---

<sup>58</sup> <http://www.binnenvaartservices.be/walstroom/>, geraadpleegd op 29/9/2017.

<sup>59</sup> Merckx, J.-P. en Neyts, D. (2015). De Vlaamse havens - Feiten, statistieken en indicatoren voor 2014.

[http://www.vlaamsehavenscommissie.be/sites/default/files/documenten/VHC\\_Feiten-statistieken-indicatoren-2014.pdf](http://www.vlaamsehavenscommissie.be/sites/default/files/documenten/VHC_Feiten-statistieken-indicatoren-2014.pdf), geraadpleegd op 29/9/2017.

<sup>60</sup> WENZ (2014). Masterplan voor de binnenvaart op de Vlaamse waterwegen - Horizon 2020.

<http://www.wenz.be/opencms/export/sites/default/publications/2014-0139-Scheepvaart-Wenz-masterplan-v6.pdf>, geraadpleegd op 29/9/2017.

<sup>61</sup> Centrale Commissie voor de Rijnvaart (29 november 2012). Mogelijkheden om het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de binnenvaart te reduceren. [https://www.ccr-zkr.org/files/documents/rapports/Thg\\_zus\\_nl.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/rapports/Thg_zus_nl.pdf), geraadpleegd op 29/9/2017.

<sup>62</sup> European Automobile Manufacturers Association (ACEA) (2016). ACEA Position Paper: Reducing CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars and light commercial vehicles post-2020.

[https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA\\_Position\\_Paper\\_Reducing\\_CO2\\_Emissions\\_from\\_Passenger\\_Cars\\_and\\_Light\\_Commercial\\_Vehicles\\_Post-2020.pdf](https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_Position_Paper_Reducing_CO2_Emissions_from_Passenger_Cars_and_Light_Commercial_Vehicles_Post-2020.pdf), geraadpleegd op 29/9/2017.



#### 2.2.3.4 Verhogen energie-efficiëntie

Vervoer kan enerzijds energie-efficiënter worden door de verhoging van de bezettings- en beladingsgraden, en anderzijds door reducties in het brandstofverbruik van voer-/vaartuigen.

Bij wegtransport is een verbetering in de energie-efficiëntie door nieuwe voertuigen merkbaar. Dit is voor een stuk te wijten aan het feit dat voertuigen dienen te voldoen aan CO<sub>2</sub>-doelstellingen. De doelstelling voor 2021 voor personenwagens is een gemiddelde uitstoot van 95 g CO<sub>2</sub>/km voor alle nieuw verkochte personenwagens. Tot nu toe kwam de reductie in CO<sub>2</sub>-uitstoot vooral van technische vernieuwingen aan verbrandingsmotoren, zowel bij benzine- als dieselwagens. In de toekomst verwachten we echter dat het streefdoel enkel gehaald kan worden door een hoger aandeel van elektrische en hybride wagens in de nieuw verkochte wagens<sup>62,65,66</sup>.

De stijging in de energie-efficiëntie bij nieuwe voertuigen heeft ook gevolgen voor de volledige vloot: wanneer (in de toekomst) oude voertuigen uit het park verdwijnen zullen ze plaats maken voor steeds efficiëntere voertuigen en op die manier zorgen voor een stijging van de energie-efficiëntie van het totale voertuigenpark<sup>62</sup>.

tabel 7: status van de mogelijke technologische oplossingen in de transportsector

Mogelijke oplossing	Status
<b>Elektrificatie en hybridisatie</b>	Er zijn reeds verschillende modellen elektrische en hybride voertuigen beschikbaar op de markt. Ondanks de inzet van stimulerende beleidsinstrumenten om de aankoop van deze voertuigen aantrekkelijker te maken, blijft het aandeel in de nieuw verkochte voertuigen klein omwille van beperkt rijbereik en beperkte laadinfrastructuur. Elektrificatie bij wegtransport is voornamelijk inzetbaar voor korte afstanden, en meer potentieel bij reizigersvervoer. Upfront investeringen in oplaadinfrastructuur zijn noodzakelijk.
<b>Hernieuwbare energie</b>	Biobrandstoffen worden reeds gebruikt in transportsector; het gaat echter hoofdzakelijk om eerste generatie biodiesel. Daarnaast wordt groene stroom ingezet bij spoorverkeer. Mogelijke barrières zijn duurzaamheid en beschikbaarheid van biomassa.
<b>Alternatieve brandstoftechnologieën</b>	Voertuigen op alternatieve aandrijftechnologieën zijn reeds beschikbaar op de markt maar het aandeel in de nieuwe verkochte vloot is nog zeer klein.
<b>Energie-efficiëntieverhoging</b>	Onder invloed van CO <sub>2</sub> -doelstellingen voor wegtransport, zijn reeds grote sprongen gemaakt in de energie-efficiëntie van verbrandingsmotoren.

Ook vrachtwagens en bussen werden in de loop van de tijd de energiezuiniger. Voor vrachtwagens verhoogde bovendien de beladingsgraad<sup>45,66</sup>. Aangezien brandstofkosten een belangrijke factor uitmaken in de transportsector, kunnen we ervan uit gaan dat nieuwe manieren om de energie-efficiëntie van trucks en bussen te verhogen snel opgepikt en uitgerold zullen worden in deze sector. Verdere energiewinsten kunnen bovendien geboekt worden bij de bundeling van transport, vooral op lange afstand<sup>45,49</sup>.

<sup>65</sup> Vlaamse Milieumaatschappij (2016). Milieurapport Vlaanderen: CO<sub>2</sub>-emissie van nieuwe voertuigen.

<https://www.milieurapport.be/sectoren/transport/emissies-afval/co2-emissie-van-nieuwe-voertuigen>, geraadpleegd op 29/9/2017.

<sup>66</sup> Vlaamse Milieumaatschappij (2016). Milieurapport Vlaanderen: Eco-efficiëntie van personenvervoer en goederenvervoer.

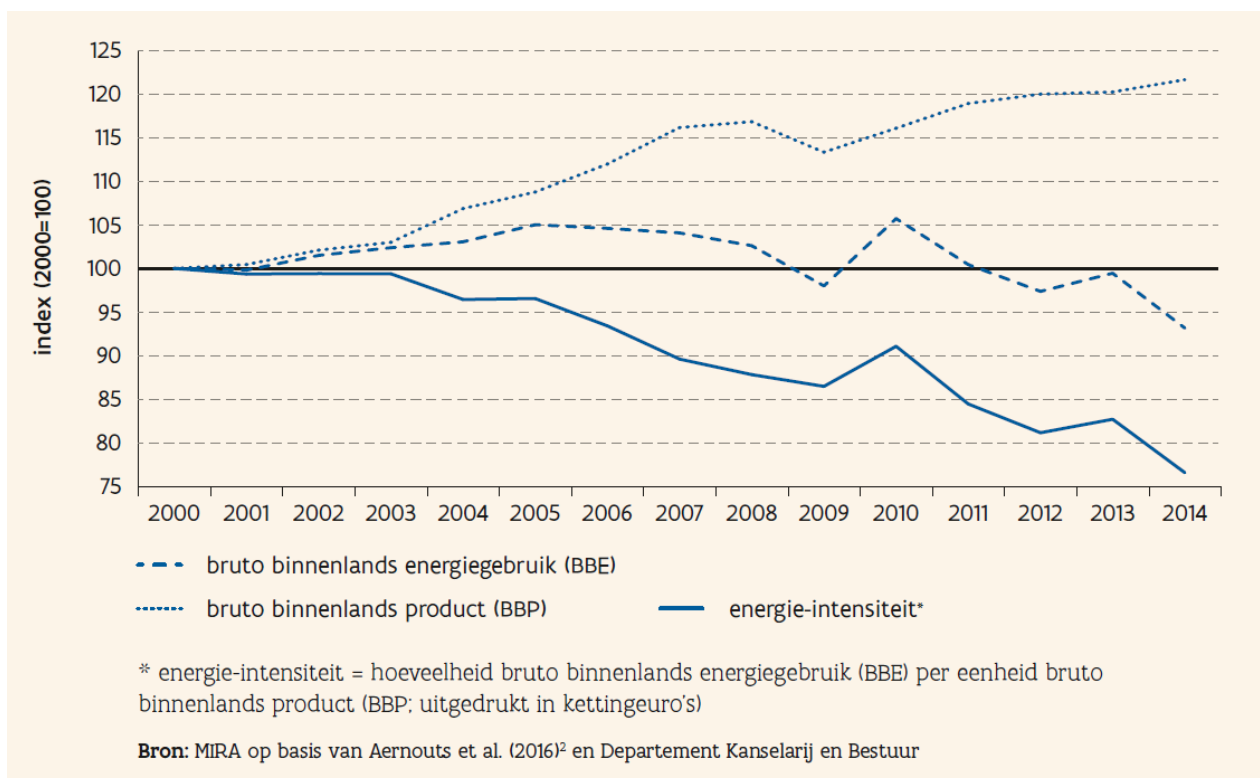
<https://www.milieurapport.be/sectoren/transport/sectorkenmerken/eco-efficiëntie/>, geraadpleegd op 29/9/2017.

In de binnenscheepvaart kunnen ook energie-efficiëntiewinsten geboekt worden door een aantal ingrepen te implementeren. Scheepstechnisch kan de verhoging van de afmetingen en het draagvermogen van schepen resulteren in een vermindering van het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies. De haalbaarheid van dit soort aanpassingen worden voornamelijk beperkt door de infrastructuur van de waterwegen. Daarnaast biedt de optimalisatie van de snelheid van de schepen het grootste potentieel in de verhoging van de energie-efficiëntie in de binnenvaartsector<sup>61</sup>.

## 2.3 Industrie

De maakindustrie in Vlaanderen is erg energie-intensief. De activiteiten in handel & diensten, naar toegevoegde waarde en werkgelegenheid de belangrijkste sector in Vlaanderen, zijn weinig energie-intensief en vergen slechts ongeveer een tiende van het energetische eindgebruik. Alles bij elkaar genomen bedraagt de energie-intensiteit van de Vlaamse economie ongeveer 6,5 PJ/miljard Euro in 2014 (in vergelijking met een EU-gemiddelde van ongeveer 5 PJ/miljard Euro)<sup>67</sup>. De Vlaamse economie is dus meer dan die van andere landen gevoelig voor ontwikkelingen binnen het energiesysteem.

figuur 2: energie-intensiteit van de Vlaamse economie



<sup>67</sup> Deze paragraaf is overgenomen uit Brouwers J., Devriendt S., Van Hooste H. (2017).H.1 Energiesysteem, in 'Systeembalans 2017: Milieu-uitdagingen voor het energie-, mobiliteits- en voedingssysteem in Vlaanderen. Aalst, Milieurapport Vlaanderen, Vlaamse Milieumaatschappij, pp. 18-19. Beschikbaar op <https://www.milieurapport.be/publicaties/mira-systeembalans-2017-milieu-uitdagingen-voor-het-energie-mobiliteits-en-voedingssysteem-in-vlaanderen>.

Historische data leveren ook interessante inzichten op. figuur 2 toont dat Vlaanderen tussen 2003 en 2009 een duidelijke ontkoppeling realiseerde tussen de economische groei en het energiegebruik (de energie-intensiteit van de Vlaamse economie daalde met bijna 7% in die periode). Die verandering van de energie-intensiteit was zowel het gevolg van structurele effecten (verschuivingen van het belang van sectoren in de Vlaamse economie) als van wijzigingen in de energie-efficiëntie (bv. wijzigend energiegebruik per eenheid product of dienst, mede onder invloed van energiebeleidsovereenkomsten en benchmarkingconvenanten). De financieel-economische crisis remde die gunstige trend af in 2008 en 2009 doordat in enkele energie-intensieve industriële deelsectoren (bv. chemie) het activiteitsniveau sterker terugviel dan het totale energiegebruik. Immers, zelfs bij lagere productie moeten installaties en machines draaiende worden gehouden, moeten gebouwen worden verwarmd, opslagplaatsen gekoeld, enzovoort.

Algemeen gesproken is de energie-efficiëntie dan ook lager bij deellast of onderbezetting. Verder werden bedrijven voor nieuwe investeringen in energiebesparende technologie geconfronteerd met aangescherpte criteria voor kredietverstrekking. In 2010 werd de trend zelfs abrupt onderbroken: de energie-intensiteit van Vlaanderen nam weer toe (+6% in 1 jaar), vooral door de extreem koude wintermaanden. Geholpen door enkele jaren met zachte wintermaanden en een verminderde centrale niet-hernieuwbare stroomproductie, kon in de jaren 2011-2014 opnieuw aangepikt worden bij de algemeen dalende trend. De energie-intensiteit ligt inmiddels 23% beneden het peil van 2000.

Ongeveer een vierde van het bruto binnenlandse energieverbruik in Vlaanderen is bestemd voor industriële toepassingen. We beschrijven hieronder de sectoren chemie, ijzer- en staalproductie, en voeding, die samen 74% van het totale industriële energetische verbruik omvatten<sup>68</sup>. Voor elk van de sectoren bespreken we een korte status en enkele mogelijke innovaties. Aangezien vooral de bedrijven uit de chemie- en ijzer- en staalsector erg energie-intensief zijn en de elektriciteitsprijs in België bij de hoogste is in Europa, is de industrie erg gebaat bij een efficiënt productieproces en grondstoffengebruik. Desalniettemin zijn er naar de toekomst toe nog enkele mogelijke innovaties die de duurzaamheidsimpact van de industrie kunnen verminderen.

### 2.3.1 Chemie

Een van de meest energie-intensieve sectoren is de chemiesector. Met een energetisch verbruik van 147PJ vertegenwoordigt deze sector 38% van het energetische industriële eindgebruik in Vlaanderen. In tabel 8 worden enkele van de belangrijkste innovaties samengevat. De voornaamste aspecten – introductie van bio-gestuurde processen, elektrolyse en koolstofafvang en -hergebruik – bespreken we hieronder.

#### 2.3.1.1 Procesinnovatie

Een eerste veelbelovende aanpak om de impact van de chemiesector te reduceren vindt men in procesintensificatie. Dit houdt in dat eenzelfde hoeveelheid product geproduceerd wordt met minder verbruik van grondstoffen en energie. Enerzijds kan men dit bekomen door bestaande processen verder te optimaliseren, bijvoorbeeld door een slimme integratie van scheidingstechnologie voor recuperatie van solventen, katalysatoren, enz. Op dit gebied zijn er al heel wat inspanningen gebeurd in de sector.

---

<sup>68</sup> Jespers K., Dufait N., Al Koussa J., Dams Y., Neven T., Renders N., Vingerhoets P., Wetzels W. (2017). Energiebalans Vlaanderen 1990-2016. Beschikbaar op: <http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>

Anderzijds kan een besparing gerealiseerd worden door de bestaande processen te vervangen door nieuwe (vaak biotechnologische) alternatieven, die onder mildere omstandigheden werken, meer selectief zijn, enzovoort.

Een tweede aanpak bestaat erin over te schakelen naar alternatieve en meer duurzame grondstoffen, zoals biomassastromen of CO<sub>2</sub> (zie ook sectie 2.3.1.3).

### 2.3.1.2 Elektrolyse voor industriële toepassingen

Vandaag de dag wordt de productie van waterstof voor het overgrote deel gerealiseerd door het stoomkraken van methaan. Het is echter ook mogelijk om waterstof door middel van elektrolyse te produceren, waar elektrische energie aangewend wordt om uit water waterstof en zuurstof te bekomen. Voor chemische bedrijven, die vaak een aanzienlijke waterstofvraag hebben, is dit een innovatie met veel potentieel voor BKG-reductie, tenminste wanneer hernieuwbare energie voor de elektrolyse wordt ingezet. Gebruik makend van hernieuwbaar geproduceerde waterstof kan bijvoorbeeld ammoniak (NH<sub>3</sub>), een belangrijk product in meststoffen, volledig CO<sub>2</sub>-vrij geproduceerd worden. Diverse 'Power-to-product' routes die steunen op het gebruik van hernieuwbare waterstof worden op dit ogenblik ook in Vlaanderen onderzocht of geëvalueerd, o.a. voor de productie van methanol, proteïnen of bio plastics.

### 2.3.1.3 Afvang en gebruik van koolstofdioxide

CO<sub>2</sub> kan ook afgevangen worden en nuttig gebruikt worden. Dit wordt 'carbon capture and use' (CCU) genoemd en omvat zowel het gebruik van CO<sub>2</sub> als het gebruik ervan als grondstof voor een industrieel productieproces. In de chemische sector kunnen een aantal moleculen, zoals methanol, ethanol, methaan, carbonaten, enz. potentieel vervaardigd worden uit CO<sub>2</sub>. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat het gebruik van CO<sub>2</sub> als grondstof ook in vele gevallen leidt tot een hoger energiegebruik (in vergelijking met klassieke processen); voor wat de duurzaamheidsimpact betreft is het dan uiteraard van belang dat deze extra energievraag op een duurzame manier ingevuld wordt.

tabel 8: status van de mogelijke oplossingen in de chemische sector

Mogelijke oplossing	Status
Groene chemie voor productie van alkenen	Demonstratie
Vervanging kunstmeststof door organisch alternatief	Operationeel
Algemene energie-efficiëntie verbetering aan de installaties (nieuwe katalysatoren, warmterecuperatie ...)	Operationeel
Waterstofproductie door elektrolyse in plaats van het splitsen van methaan	Operationeel maar momenteel nog hoge kost
CCU	Demonstratie (CCU)
CCS	Premature technologie: Mogelijke projecten lopen financieel vast
Kwik cel productietechnologie voor chloorproductie vervangen door membraan technologie	Operationeel maar momenteel nog hoge kost

De huidige wereldwijde vraag naar CO<sub>2</sub> bedraagt momenteel slechts 80 Mton, waarvan 60% gebruikt wordt voor het efficiënter extraheren van olie (gebruik zonder conversie), terwijl de totale CO<sub>2</sub>-emissie in Europa ruim 4,4 Gton bedraagt. De rol van CO<sub>2</sub> als grondstof voor industriële toepassingen is vandaag dus beperkt in de balans van totale BKG-emissies.



## 2.3.2 IJzer en staal

Na de gedeeltelijke sluiting van de ArcelorMittal-eenheden in Wallonië is ArcelorMittal Gent de laatst overgebleven geïntegreerde staalproductiefabriek in België, met een productiecapaciteit van 5 Mton per jaar. De ijzer- en staalindustrie is desalniettemin erg energie-intensief: met een verbruik van 72 PJ per jaar is het verantwoordelijk voor 20% van het industriële energieverbruik in Vlaanderen.

Het productieproces van staal is kort geschetst als volgt. Nadat de grondstoffen per schip aankomen, wordt steenkool op hete temperatuur gedroogd tot cokes, en het ijzererts wordt verwerkt tot sinter. Daarna worden deze stoffen in de hoogoven geladen om ijzererts te produceren. Het vloeibare ruwijzer dat uit de hoogoven komt wordt verder tot staal verwerkt in de staalfabriek, door met zuurstof de onzuiverheden te verwijderen.

### 2.3.2.1 Productie en grondstoffengebruik

In andere fabrieken wordt nog secundair staal gemaakt op basis van gerecycleerd schroot. Een relatief moderne technologie hiervoor is de 'Electric Arc Furnace' (EAF). Dit is vanuit het oogpunt van een circulaire economie efficiënter, maar voor een aantal toepassingen zoals zacht staal voor de auto-industrie, is de zuiverheid van gerecycleerd staal onvoldoende. Het convertorgas uit de staalfabriek wordt in ArcelorMittal Gent reeds opgevangen en ter plaatse verbruikt, of geleverd aan de centrale van ENGIE voor elektriciteitsopwekking.

### 2.3.2.2 Procesinnovatie

Op gebied van procesinnovatie voor de productie van primair staal kan bijvoorbeeld de Hisarne-technologie gebruikt worden, waarbij ijzererts en steenkool in één stap gebruikt worden in het smeltproces, zonder dat er eerst sinter en cokes moeten worden geproduceerd. Dit verhoogt de energie-efficiëntie en duurzaamheid van het volledige proces door besparing op steenkool.

### 2.3.2.3 Energiedragers

Procesinnovaties in de ijzer- en staalindustrie kunnen gecombineerd worden met het bijmengen van biomassa, natuurlijk gas of waterstof voor verdere reductie van de emissies. In ArcelorMittal Gent werd een demonstratieproject opgezet om CO en CO<sub>2</sub> te scheiden, waarna deze als grondstof gebruikt kunnen worden in een koolstofafvang en -hergebruik scenario. Het CO kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor de productie van ethanol, wat als biobrandstof kan worden ingezet. Het CO<sub>2</sub> kan worden opgeslagen of hergebruikt worden, bijvoorbeeld in de glastuinbouwsector. ArcelorMittal plant de toepassing van deze technologie in 2019. De uitdaging is hier de verbinding te leggen met een afnemer van CO of CO<sub>2</sub> en een positieve business case te bereiken.



tabel 9: status van de mogelijke oplossingen in de ijzer- en staalproductie

Mogelijke oplossing	Status
Switch naar EAF technologie voor secundair staal	Operationeel in België
'Top gas recycling': Afvang van hoogovensgas, met scheiding van CO en CO <sub>2</sub> , herinjectie van CO en hergebruik of opslag van CO <sub>2</sub>	Piloot demonstratie, opschaling naar toepassing op commerciële hoogoven nog niet gebeurd
Beperkte biomassa om poeder-steenkool te vervangen	Nog niet in België
Hisarne reductietechnologie	Demonstratie op kleine schaal (in Nederland)
Afvang van CO gas voor bio-ethanol productie	Operationele installatie in China. Nog niet operationeel, wel concrete plannen in Gent
Elektrolyse van ijzer	Demonstratie kleine schaal
Directe reductie d.m.v. waterstof	Demonstratie kleine schaal

### 2.3.3 Voeding

De voedingsindustrie is minder energie-intensief dan de chemie- en staalsector, maar desalniettemin goed voor een jaarlijks verbruik van ongeveer 40PJ. De voedingsindustrie is verspreid over verschillende productlijnen en fabrieken die aan mekaar gelinkt kunnen zijn, zoals de (Tiense) suikerraffinaderij, brouwerijen, verpakkings- en distributiebedrijven, enz. De grote besparingen in de voedingsindustrie zijn voornamelijk te vinden in een efficiënte opwekking van elektriciteit door WKK, het verhogen van de efficiëntie van koelinstallaties, procesinnovaties en een doorzetting van de omschakeling van vaste en vloeibare brandstoffen voor verwarming naar gas, biogas en biomassa.

### 2.3.4 Overige industrie

Verderop in het document worden nog landbouw en olieraffinaderijen besproken. De overige industrie, zoals bijvoorbeeld glasproductie, productie van chips of elektronica, papierindustrie ... is minder energie-intensief dan de hier vermelde industrieën, en mogelijke oplossingen zijn doorgaans minder proces-specifiek. Doorgaans kunnen de broeikasgasemissies nog gereduceerd worden door:

- Energieopwekking met een efficiënte WKK-installatie;
- Omschakeling van minder duurzame brandstoffen (zoals stookolie, diesel) naar meer duurzame brandstoffen (gas, biogas);
- Elektrificatie van processen (bv. de inzet van warmtepompen om processen op T<100°C aan te drijven (o.a. drogen));
- Andere.

tabel 10: status van de mogelijke oplossingen in de overige industrie (incl. voeding)

Mogelijke oplossing	Status
Lokale opwekking elektriciteit en warmte door WKK	Operationeel
Energie-efficiëntie van verwarmings- en koelingsinstallaties	Operationeel
Omschakeling naar schonere brandstoffen	Operationeel
Elektrificatie van processen	Operationeel
Koolstofafvang en -opslag (of -hergebruik)	Demonstratie

## 2.4 Landbouw

De landbouwsector is met 2% slechts verantwoordelijk voor een klein deel van het finale energiegebruik in Vlaanderen. Toch zijn er met het oog op de verduurzaming van het energiesysteem een aantal interessante mogelijke pistes op te merken:

- Sinds 2010 is de landbouw door de groeiende inzet van WKK in vooral de glastuinbouw (vooral op basis van gas maar ook in stijgende mate op basis van biogas – zie verder) een netto-leverancier van elektriciteit geworden (in 2014 werd een nettoproductie van 462 GWh gerealiseerd)<sup>69</sup>.
- Ongeveer 9% van de bruto groene stroomproductie in Vlaanderen in 2015 is afkomstig van biogasinstallaties die werken op biogas dat ontstaat door de vergisting van nevenproducten uit de landbouw en vergisting van organisch biologisch afval van andere sectoren (zie figuur 3, sectie 2.5.2). Zoals te zien is in figuur 3 kent de elektriciteitsproductie op basis van biogas ook een sterke groei (gemiddeld 16% per jaar over de periode 2011-2015).
- Na verdere reiniging kan het biogas uit vergisting opgewerkt worden tot groen gas voor bijmenging in het gasnetwerk of gebruik in de transportsector. Deze optie wordt in Vlaanderen echter nog niet toegepast, maar recent werd wel de ‘eerste steen’ gelegd voor de bouw van de eerste biomethaan-centrale in Vlaanderen<sup>70</sup>. In andere landen zoals Duitsland (7300 GWh biogas-injectie in het gasnetwerk in 2016), Nederland (1100 GWh injectie in 2016), Zweden (1100 GWh injectie in 2016), Denemarken (1000 GWh injectie in 2016), Zwitserland (318 GWh injectie in 2016) en Frankrijk (215 GWh injectie in 2016) wordt de productie van biogas wel al op commerciële schaal gerealiseerd en ondersteund via een systeem van groene certificaten<sup>71</sup>.
- De productie van elektriciteit en warmte kan ook gerealiseerd worden door het alleen vergisten van mest. Deze optie is vooral interessant voor veeteeltbedrijven. Ten opzichte van de vorige optie zal een lager rendement gerealiseerd worden omdat dierlijke mest maar weinig energie meer bevat.
- De landbouwsector is ook leverancier van droge biomassa-reststromen (bv. snoeihout) voor verbranding (voor warmteproductie of warmte en elektriciteit in een WKK-installatie).
- De landbouwsector kan ook instaan voor de productie van biobrandstoffen voor de transportsector. In Vlaanderen zijn er momenteel drie bedrijven die biodiesel produceren en twee bedrijven die bio-ethanol produceren uit voedselgewassen zoals koolzaad, maïs, graan en suikerbiet – de zogenaamde biobrandstoffen van de 1<sup>e</sup> generatie<sup>72</sup>. Omdat de productie van biobrandstoffen van de 1<sup>ste</sup> generatie echter tot een beperkte (of zelfs geen) reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot leidt, en concurrentie veroorzaakt met de productie van voedingsmiddelen, worden mogelijkheden tot de productie van 2<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (op basis van afvaloliën, oogstresten of houtafval) volop onderzocht. Er gebeurt ook al onderzoek naar de zogenaamde 3<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen op basis van algenkweek. Commerciële toepassingen van deze technologieën worden echter pas op de langere termijn verwacht, aangezien de productiekosten nog significant moeten dalen.

---

<sup>69</sup> <https://www.milieurapport.be/milieudata>, geraadpleegd op 26/9/2017.

<sup>70</sup> [https://www.susanova.be/artikels/biomethaan?utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Brede%20mailing%20e-zine&utm\\_content=Brede%20mailing%20e-zine+CID\\_e1b776d636ae9db4cf7deb7a6ff2f060&utm\\_source=Email&utm\\_term=Lees%20meer](https://www.susanova.be/artikels/biomethaan?utm_medium=email&utm_campaign=Brede%20mailing%20e-zine&utm_content=Brede%20mailing%20e-zine+CID_e1b776d636ae9db4cf7deb7a6ff2f060&utm_source=Email&utm_term=Lees%20meer), geraadpleegd op 28/3/2018.

<sup>71</sup> [http://www.greengas-initiative.eu/media/ggi-biomethane\\_report\\_06.2017.pdf](http://www.greengas-initiative.eu/media/ggi-biomethane_report_06.2017.pdf)

<sup>72</sup> <https://www.milieurapport.be/sectoren/energieproductie/sectorkenmerken/productie-biobrandstoffen-voor-eindgebruikers>, geraadpleegd op 26/9/2017.

- Door de doorgaans grote oppervlaktes die beschikbaar zijn op landbouwbedrijven bieden zich ook kansen aan voor hernieuwbare energieproductie op basis van windenergie, PV of zonnewarmte (bij voorkeur op bedrijfsgebouwen).
- Met gepaste landbouwtechnieken kan ook meer CO<sub>2</sub> in de grond opgenomen worden.
- Specifiek voor de glastuinbouwsector biedt de aansluiting op een warmtenet een oplossing; op langere termijn bieden dampwarmtepompen in combinatie met ‘energy balancing’-schermen een perspectief op een ‘bijna-energie neutrale’ glastuinbouw<sup>73</sup>.

tabel 11: status van de mogelijke oplossingen in de landbouw

Mogelijke oplossing	Status
Lokale opwekking elektriciteit en warmte door WKK	Landbouwsector is netto-elektriciteitsleverancier geworden.
Biogasinstallaties	Groei van 16% per jaar over de periode 2011-2016
Productie van groen gas	Operationeel in andere landen; niet toegepast in Vlaanderen (eerste centrale in opbouw)
Productie van biobrandstoffen	Operationeel in Vlaanderen (1 <sup>e</sup> generatie biobrandstoffen)
PV op bedrijfsgebouwen	Operationeel
Bijna-energie neutrale glastuinbouw	Demonstratiefase

## 2.5 Centrale elektriciteitsproductie

Het EU “Stappenplan Energie 2050” (COM(2011) 885 definitief)<sup>74</sup> stelt dat een quasi volledig CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteitsvoorziening in 2050 een noodzaak is in het kader van de Europese klimaatdoelstellingen op de lange termijn. Afhankelijk van het scenario moeten hernieuwbare energiebronnen 64% tot 97% van de elektriciteit in 2050 leveren. Bovendien verdubbelt het aandeel elektriciteit in de finale energievraag in alle onderzochte scenario’s ongeveer t.o.v. de situatie in 2005 (van 20% in 2005 tot 36% à 39% in 2050).

In 2015 heeft het Federaal Planbureau drie mogelijke beleidsscenario’s onderzocht die België in staat stellen om te voldoen aan de Europese klimaatdoelstellingen van 2030 en 2050<sup>75</sup>. Hierbij is het interessant om op te merken dat de toenemende elektrificatie en energiebesparingen door energie-efficiëntie in alle door het planbureau onderzochte scenario’s elkaar quasi ‘opheffen’ over de periode 2010-2030. Zo stijgt de elektriciteitsvraag in alle scenario’s over de periode 2010-2030 slechts met een gemiddeld jaarlijks groeipercentage van 0,0% tot 0,1%. Een grote stijging in het Belgische elektriciteitsgebruik is volgens het planbureau slechts merkbaar na 2030 (tussen 1,5% en 2,4% jaarlijkse groei), en dit door een combinatie van versnelde afbouw van het gebruik van fossiele brandstoffen voor warmtetoepassingen (onder invloed van de strikte klimaat-doelstelling in 2050), de verwachte massale doorbraak van elektrische mobiliteit na 2030, en de productie van waterstof op basis van elektriciteit om de fluctuerende hernieuwbare elektriciteits-

<sup>73</sup> <https://www.proefstation.be/project/naar-een-duurzame-kas-met-energy-balancing-schermen-en-dampwarmtepomp-exe-kas>, geraadpleegd op 27/9/2017.

<sup>74</sup> [www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20110885.do](http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20110885.do), geraadpleegd op 8/9/2017.

<sup>75</sup> Devogelaer D., Gusbin D. (2015). 2030 Climate and Energy Framework for Belgium - Impact assessment of a selection of policy scenarios up to 2050, Federaal Planbureau, Working paper 3-15.

productie op te vangen. Diverse andere studies in de Vlaamse of Belgische context<sup>76,77,78</sup> geven tevens aan dat elektrificatie van de finale energievraag – vooral voor transport en ruimteverwarming en sanitair warm water (SWW) – een belangrijke factor vormt in de transitie naar een koolstofarme energievoorziening. Het verduurzamen van de elektriciteitsproductie (met een overwegend aandeel aan hernieuwbare productie) vormt dus zondermeer één van de hoekstenen van de energietransitie in Vlaanderen. De beschikbare opties om tot een drastische vermindering van CO<sub>2</sub>-uitstoot te komen in de centrale elektriciteitsproductie zijn de inzet van hernieuwbare bronnen zoals windenergie, biomassacentrales en diepe geothermie<sup>79</sup> en kernenergie. Diepe geothermie wordt doorgaans gebruikt voor warmtelevering, maar wanneer de temperatuur van het opgepompte water voldoende hoog is kan deze technologie ook aangewend worden voor elektriciteitsproductie. Dit kan via stoom aangedreven turbines indien de temperatuur en het debiet van het geproduceerde water hoog genoeg zijn (>190°C). Stroomopwekking, al dan niet in combinatie met de levering van warmte, is echter ook mogelijk bij lagere temperaturen (>90°C). In deze gevallen wordt niet met water gewerkt, maar met een organisch stof met een laag kookpunt of een mengeling van water en ammoniak. Deze stoffen of mengsels leveren al bij lagere temperaturen voldoende druk om een turbine aan te drijven. Deze optie wordt momenteel door VITO onderzocht<sup>80</sup>. Centrales die toch nog gebruik maken van fossiele energie kunnen ‘verduurzaamd’ worden door gebruik te maken van brandstof met lagere koolstofinhoud (bv. aardgas), over te schakelen op een efficiënter productieproces (bv. WKK-centrales), of hergebruik van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in industriële toepassingen (CCU).

### 2.5.1 Windenergie

Vermits de productie van elektriciteit op basis van windenergie berust op de omzetting van de mechanische energie uit windkracht in elektrische energie worden er geen schadelijke gassen (CO<sub>2</sub> of andere) uitgestoten in de productiefase. Windturbines kunnen zowel op land (onshore) als in de zee (offshore) geïnstalleerd worden.

Wat de nabije toekomst betreft zullen hernieuwbare energiebronnen ook na 2020 een sleutelrol blijven spelen in de EU. De EU-landen spraken immers af om gezamenlijk tegen 2030 27% van het eindverbruik uit hernieuwbare bronnen te halen; het Europees Parlement dringt momenteel aan op een verhoging van deze doelstelling tot 30 of 35%<sup>81</sup>. Deze globale doelstelling wordt niet meer (zoals vroeger) over de lidstaten verdeeld; wel wordt verwacht dat iedere lidstaat aangeeft hoe ze aan de EU-doelstelling denkt te zullen bijdragen. Zoals onderlijnd in de in mei 2017 gepubliceerde energievisie<sup>82</sup> rekent de Vlaamse regering hierbij vooral op de inzet van zon, wind, en relatief kleinschalige biomassa voor wat de hernieuwbare elektriciteitsproductie in Vlaanderen betreft. In welke mate de door het beleid uitgesproken voorkeur zich echter zal vertalen in realisaties op het terrein is afhankelijk van een aantal factoren. Investeerders zijn

---

<sup>76</sup> MIRA (2014). Megatrends: Ingrijpend maar ook ongrijpbaar? <https://www.milieurapport.be/publicaties/megatrends-ingrijpend-maar-ook-ongrijpbaar-hoe-beinvloeden-ze-het-milieu-in-vlaanderen>

<sup>77</sup> ARGUS (2014). Energie voor morgen. Krijtlijnen voor een duurzaam energiesysteem, LannooCampus, Leuven.

<sup>78</sup> Belmans R., Vingerhoets P. & Van Vaerenbergh I. (Red.) (2016). De eindgebruiker centraal in de energietransitie, Koninklijke Vlaamse Academie van Wetenschappen en Kunsten, Standpunten 44, [www.kvab.be/standpunten/de-eindgebruiker-centraal-de-energietransitie](http://www.kvab.be/standpunten/de-eindgebruiker-centraal-de-energietransitie)

<sup>79</sup> Het potentieel voor waterkracht en centrale zonnestroomproductie ('concentrated solar power', CSP) in Vlaanderen is beperkt tot onbestaand en wordt dus verder niet besproken. Zonne-energie (PV) wordt als decentrale energiebron besproken bij de relevante sectoren (gebouwde omgeving en landbouw).

<sup>80</sup> <https://geothermie.vito.be/nl>, geraadpleegd op 23/10/2017.

<sup>81</sup> Resolutie van het Parlement van 23 juni 2016 over het voortgangsverslag hernieuwbare energie, beschikbaar op [http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=P8\\_TA\(2016\)0292](http://www.europarl.europa.eu/RegistreWeb/search/simple.htm?reference=P8_TA(2016)0292)

<sup>82</sup> [www.tommelein.com/tommelein-stelt-energievisie-2030-2050-voor/](http://www.tommelein.com/tommelein-stelt-energievisie-2030-2050-voor/), geraadpleegd op 7/9/2017.



tabel 12: evolutie van het aantal windturbines (>300kW) en hun vermogen in Vlaanderen<sup>87</sup>

Windturbines >300kW	Aantal bijkomende windturbines per jaar	Bijkomend vermogen per jaar (MWe)	Cumulatief vermogen (MWe)
2005			118
2006	12	21	139
2007	10	20	159
2008	12	24	183
2009	10	50	233
2010	12	32	265
2011	36	81	346
2012	35	77	423
2013	15	39	462
2014	56	123	585
2015	81	203	788
2016	37	101	889
2017	71	226	1115

Naast de grote windturbines die in de tabel vermeld worden zijn er in Vlaanderen ook een twintigtal kleinere windturbines (<300 kW) geïnstalleerd, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van ongeveer 250 kW<sup>88</sup>. Deze kleinere windturbines worden vooral op daken van KMO's en landbouwbedrijven geïnstalleerd. In vergelijking met de grote windturbines (die gebruik maken van de hogere windsnelheden op grote hoogte) is het rendement van deze kleinere turbines beperkt. Ook moet rekening gehouden worden met mogelijke vergunningsproblemen bij toepassing dichtbij een woonomgeving.

Het energieplan 2020 van de huidige Vlaamse regering stelt dat er vanaf 2016 jaarlijks 390 GWh elektriciteit op basis van onshore windenergie extra moet worden geproduceerd om de Vlaamse hernieuwbare energiedoelstelling te halen, wat overeenkomt met de jaarlijkse indienstneming van 70 windturbines van 2,5 MW of 59 windturbines van 3 MW<sup>89</sup>.

De belangrijkste technologische innovaties in onshore windenergie betreffen vooral een verbetering in de rotortechnologie (nieuwe materialen, verbeterde aerodynamica, enz.) en verbeterde componenten en bouwtechnieken die resulteren in lagere onderhoudskosten<sup>90</sup>. De technologische innovaties zorgen voor een opschaling van onshore windturbines naar steeds grotere masthoogtes en rotordiameters, met bijgevolg een grotere opbrengst. De Duitse industriefederatie AGORA schat dat hierdoor kostenreducties van 5-25% mogelijk zijn tegen 2025. Volgens een expertbevraging (geciteerd door AGORA) zouden tegen 2050 kostenreducties van gemiddeld 35% haalbaar zijn, hoewel dit getal uiteraard erg onzeker is.

<sup>87</sup> [www.energiesparen.be/cijfers/windturbines](http://www.energiesparen.be/cijfers/windturbines), geraadpleegd op 20/10/2017.

<sup>88</sup> Jespers K., Aernouts K. & Wetzels, W. (2016). Inventaris hernieuwbare energiebronnen 2005-2015, [https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/Inventaris\\_hernieuwbare\\_energiebronnen\\_Vlaanderen\\_2005-2015.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/Inventaris_hernieuwbare_energiebronnen_Vlaanderen_2005-2015.pdf)

<sup>89</sup> [www.vlaanderen.be/nl/nbwa-news-message-document/document/09013557801ffd31](http://www.vlaanderen.be/nl/nbwa-news-message-document/document/09013557801ffd31), geraadpleegd op 7/9/2017.

<sup>90</sup> [https://www.agora-energieland.de/fileadmin/Projekte/2017/Future\\_Cost\\_of\\_Wind/Agora\\_Future-Cost-of-Wind\\_WEB.pdf](https://www.agora-energieland.de/fileadmin/Projekte/2017/Future_Cost_of_Wind/Agora_Future-Cost-of-Wind_WEB.pdf)

tabel 13: status van de mogelijke oplossingen in onshore windenergie

Mogelijke oplossing	Status
Turbinetechnologie	Continue verbetering, leidend tot kostenreducties van 5-25% in 2025, en potentieel 35% in 2050.

### 2.5.1.2 Offshore windenergie

Offshore windenergie (een federale bevoegdheid) maakt gebruik van het voordeel van een gunstiger windregime op zee in vergelijking met op land. In vergelijking met het land waait de wind op zee vaker, krachtiger en minder turbulent. Op zee heeft de wind vrij spel en wordt ze niet gestoord door allerlei obstakels (gebouwen, bossen, enz.). Bovendien biedt offshore windenergie het voordeel dat de turbines niet in de buurt van omwonenden geplaatst moeten worden en dus op minder publieke weerstand kunnen rekenen<sup>91</sup>. De offshore windindustrie in België is nog betrekkelijk jong: de eerste windturbines in zee werden geplaatst in 2009. Vandaag is al 877 MW offshore windenergie operationeel (goed voor een productie van 3,2 TWh); op basis van de al toegekende domeinconcessies zal daar tegen 2020 nog 1 235 MW aan toegevoegd worden. Met 2 292 MW windenergie op zee zal dan ongeveer 8,5 TWh elektriciteit opgewekt kunnen worden<sup>92</sup>. De Federale ministers van Energie en van de Noordzee stellen in de periode 2020-2030 nog een bijkomende capaciteit van 1,5 – 2,0 GW (goed voor een productie van ongeveer 5,6 – 7,4 TWh elektriciteit) in het vooruitzicht door de aangeduide zone voor windturbines op zee uit te breiden.

Tot nu toe zijn de verschillende windmolenparken in de Noordzee elk afzonderlijk op het landnet aangesloten. De ontwikkeling van een modulair net of ‘stopcontact op zee’ houdt in dat de windmolenparken aangesloten worden op een hoogspanningsstation dat op een platform in zee kan worden gebouwd. Op lange termijn zal dit modulaire net dan worden aangesloten op een internationaal platform door middel van gelijkstroomverbindingen, waarmee grotere vermogens op langere afstanden vervoerd kunnen worden. Dit wordt momenteel besproken in het ‘North Sea Countries’ Offshore Grid Initiative’, waarin zowel de regulatoren en de transmissienetbeheerders van die landen, samen met de Europese Commissie, vertegenwoordigd zijn<sup>93</sup>. Via overleg met de overige landen die aan de Noordzee grenzen wordt in dit initiatief geprobeerd om alle relevante regelgeving m.b.t. de aanleg en uitbating van offshore windparken in de Noordzee te coördineren om op termijn een hoge mate van interconnectie tussen de verschillende offshore parken en de deelnemende landen tot stand te brengen. Een dergelijk internationaal platform zal op termijn ook toegang bieden aan andere types energie (zoals bv. hydraulische energie uit Scandinavië), die ingezet kan worden als er onvoldoende wind is op de Noordzee. Met deze verbindingen kan windenergie ook opgeslagen worden in daarvoor voorziene infrastructuur. Dit nieuwe net in de Noordzee zal dus zelfs bij windstilte de bevoorradingszekerheid kunnen verzekeren.

<sup>91</sup> [www.belgianoffshoreplatform.be/nl/news/opiniepeiling-belgen-massaal-voor-meer-windenergie-op-zee-om-klimaatdoelstelling-te-halen-meta-name-generator-content-bolt-link](http://www.belgianoffshoreplatform.be/nl/news/opiniepeiling-belgen-massaal-voor-meer-windenergie-op-zee-om-klimaatdoelstelling-te-halen-meta-name-generator-content-bolt-link), geraadpleegd op 7/9/2017.

<sup>92</sup> [www.belgianoffshoreplatform.be/nl/services/supply](http://www.belgianoffshoreplatform.be/nl/services/supply), geraadpleegd op 7/9/2017.

<sup>93</sup> <https://www.entsoe.eu/about-entso-e/system-development/the-north-seas-countries-offshore-grid-initiative-nscogi/Pages/default.aspx>, geraadpleegd op 23/10/2017.

tabel 14: status van de mogelijke oplossingen in offshore windenergie

Mogelijke oplossing	Status
<b>Turbine-technologie</b>	Continue verbetering, naar verwachting 15 MW turbines beschikbaar in 2030.
<b>Installatie</b>	Vlottende fundering naar verwachting commercieel beschikbaar in 2020.
<b>Interconnectie</b>	'Stopcontact op zee' in ontwikkeling (ELIA + betrokken stakeholders) Tegen 2030 ontwikkeling van internationaal platform (interconnectie van windmolenparken van 10 landen rond de Noordzee).

Op het technologisch gebied vermeldt IRENA<sup>94</sup> vooral het grote innovatiepotentieel op gebied van turbine-technologie (offshore windmolens van 15 MW zouden tegen 2030 commercieel beschikbaar zijn – in vergelijking met een maximale grootte van 8-9 MW voor de huidige turbines) en op het gebied van installatie (opbouw van windmolens aan land en vervolgens transport met sleepboten, of later vlottende funderingen die toelaten om de windmolens steeds verder op zee te installeren). Eerste experimenten met vlottende offshore windparken lijken beloftevol<sup>95</sup>. Naar verwachtingen zullen de productiekosten van offshore windenergie in de komende jaren nog dalen, als gevolg van groeiende ervaring, de toegenomen competitie, schaalvoordelen door grotere turbines en grotere projecten, en een verlaagd risico wat leidt tot het aanrekenen van lagere risicopremies door financiële instellingen.

### 2.5.2 Biomassacentrales

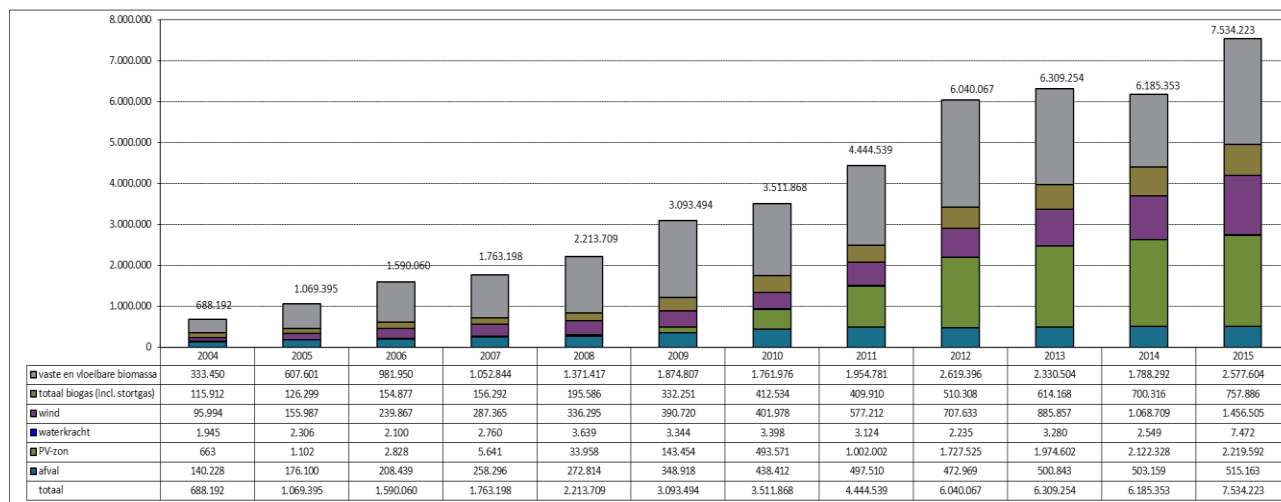
In principe kan men elektriciteitsproductie op basis van biomassa als CO<sub>2</sub>-neutraal beschouwen, omdat de door fotosynthese opgenomen CO<sub>2</sub> in de biomassa bij de verbranding voor stoomproductie opnieuw vrijkomt. Er kan echter wel CO<sub>2</sub> vrijkomen bij de productie en transport van biomassa (zeker over lange afstanden), en ook de voor de biomassa benodigde periode om CO<sub>2</sub> via fotosynthese op te nemen (de zogenaamde 'koolstofschuld') is van belang in het debat over de bijdrage van biomassa aan een koolstof-arme energietoekomst. Bovendien komen bij de verbranding van biomassa ook klassieke luchtverontreinigende stoffen (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, stof) vrij. Daarom is het van belang om duidelijke duurzaamheidscriteria op te leggen voor de productie en de technische eigenschappen van biomassa, en het principe van cascadering te respecteren. Volgens het cascadeprincipe moet eerst onderzocht worden of de mogelijkheden om biomassa te hergebruiken of te recyclen in de materialenstroom (bv. houtresten als input voor de papierindustrie) een beter milieuresultaat bereiken en economisch haalbaar zijn alvorens verbranding voor energieproductie overwogen kan worden. Bij verbranding geniet de meest efficiënte toepassing (bv. gebruik in een WKK-centrale of elektriciteitsproductie met recuperatie van restwarmte via een warmtenet) de voorkeur.

<sup>94</sup> [https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_Innovation\\_Outlook\\_Offshore\\_Wind\\_2016.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Innovation_Outlook_Offshore_Wind_2016.pdf)

<sup>95</sup> <http://www.publicnow.com/view/A1AFEC45B0BE9772D766B412A788D65FF72C5128?2018-04-03-10:30:17+01:00-xxx4802>, geraadpleegd op 10/04/2018.



figuur 3: bruto groene stroomproductie (MWh<sub>e</sub>) van verschillende energiebronnen<sup>96</sup>



Uit figuur 3 blijkt dat de stroomproductie op basis van vooral vaste biomassa<sup>97</sup> in de periode 2004-2015 (met uitzondering van 2014) telkens tekende voor de 1<sup>e</sup> plaats in de Vlaamse groene stroomproductie. Deze eerste plaats is vooral te verklaren door de sterke stijging van de coverbranding van biomassa (bv. houtstof of olijpulp) in steenkoolcentrales tussen 2004 en 2012. In 2013 werd voor het eerst een terugval opgetekend in de tot dan steeds stijgende productie, aangezien de elektriciteitscentrale van Ruien in de loop van 2013 buiten werking werd gesteld. In de loop van 2014 werd de centrale van Rodenhuize ('Max Green') een 5-tal maanden stil gelegd omwille van de blokkering van groenestroomcertificaten voor het aanwenden van houtpellets voor energiedoeleinden. Enkele maanden later gaven Fedustria (sectorfederatie van de houtverwerkende industrie), Cobelpa (sectorfederatie van de papierindustrie) en de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM) toch hun positief advies over de gebruikte houtstromen waardoor de centrale in september van dat jaar weer kon opstarten. Op dit moment is de centrale van Rodenhuize de enig overblijvende grootschalige biomassacentrale. Het positieve advies van Fedustria, Cobelpa en OVAM voor de voorgelegde houtstromen blijft geldig gedurende de hele projectduur; zolang de centrale gebruik maakt van dezelfde biomassastromen is er dus geen risico op het terugtrekken van de toegezegde steun. Recent werd er nog een poging ondernomen om de steenkoolcentrale van Langerlo (met coverbranding van biomassa voor ongeveer 5% van de stroomproductie) om te bouwen naar een volledige biomassacentrale werkend op houtpellets. Omwille van het faillissement van de eigenaar werd het project echter afgeblazen, wat meteen ook de sluiting van de laatste steenkoolcentrale in Vlaanderen tot gevolg heeft.

<sup>96</sup> Jespers K., Aernouts K. & Wetzels, W. (2016). Inventaris hernieuwbare energiebronnen 2005-2015,

[https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/Inventaris\\_hernieuwbare\\_energiebronnen\\_Vlaanderen\\_2005-2015.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/Inventaris_hernieuwbare_energiebronnen_Vlaanderen_2005-2015.pdf)

<sup>97</sup> Vloeibare biomassa heeft binnen de categorie "vaste en vloeibare biomassa" een maximum aandeel van 5% in de stroomproductie over de periode 2004-2015.

### 2.5.3 Kernenergie

Vermits de opwekking van elektriciteit in kerncentrales gebeurt op basis van de warmte die vrijkomt in een kernsplijtingsproces (die warmte wordt aangewend om stoom te produceren, die vervolgens via een turbine en generator in elektriciteit wordt omgezet), is de elektriciteitsproductie zelf CO<sub>2</sub>-vrij. Wanneer men de CO<sub>2</sub>-uitstoot bekijkt over de hele splijtstofcyclus, via de fossiele energie die gebruikt wordt tijdens de winning van het uraniumerts, de omzetting van uraniumoxide naar uraniumhexafluoride, en de verrijking van het uranium tot brandstof, dan blijkt dat kernenergie niet helemaal CO<sub>2</sub>-vrij genoemd kan worden. De precieze hoeveelheid uitstoot hangt vooral af van de rijkdom van het gebruikte erts en de gebruikte verrijkingstechniek<sup>98</sup>. Uitgedrukt in CO<sub>2</sub>-uitstoot per kWh elektriciteitsproductie komen de meest 'pessimistische' studies uit op een totaal van 288 g CO<sub>2</sub>/kWh<sup>99</sup>; andere studies geven eerder een bereik aan tussen 16 en 55 g CO<sub>2</sub>/kWh<sup>100</sup>.

Vanuit de bredere duurzaamheidsoptiek bekeken vormt kernenergie de inzet van een gepolariseerd debat, waarbij tegenstanders wijzen op het uitblijven van een beslissing m.b.t. de berging van het hoogradioactief afval, het risico op een ongeval met catastrofale dimensies (en de beperkte aansprakelijkheid van de exploitant in geval zich een kernongeval voordoet)<sup>101</sup>, de proliferatieproblematiek en recent ook de hoog oplopende kosten en realisatieperiode voor de bouw van nieuwe kerncentrales. De recente invraagstelling van het bergingsconcept voor het hoogradioactief afval (berging op 200 meter diepte in de kleilaag onder Mol) creëert tevens een bijkomende onzekerheid m.b.t. de financiering van de nucleaire afvalberging<sup>102</sup>. Ook vanuit het standpunt van de energetische efficiëntie van kerncentrales (ongeveer 35% van de beschikbare warmte-energie wordt omgezet in elektriciteit) zijn vraagtekens te plaatsen bij de duurzaamheid van de huidige kerncentrales.

Historisch gezien heeft België in de naoorlogse periode vooral ingezet op kernenergie om aan de snel groeiende elektriciteitsvraag te voldoen. In de periode 1975-1985 werden 7 kerncentrales in dienst genomen: 4 in Doel en 3 in Tihange, goed voor een totale capaciteit van 5,9 GW (goed voor een productie van ongeveer 45 TWh, op basis van een aanname van 90% beschikbaarheid). Die nucleaire capaciteit is nog steeds belangrijk in de productiemix in België; in Vlaanderen schommelde het aandeel van kernenergie in de totale netto stroomproductie de laatste 20 jaar rond de 45% (met tijdelijk lagere aandelen in de periode

---

<sup>98</sup> Beerten J., Laes E., Meskens G. & D'haeseleer W. (2009). Greenhouse gas emissions in the nuclear lifecycle: a balanced appraisal. *Energy Policy* 37:5056-68.

<sup>99</sup> Sovacool B.K. (2008). Valuing the greenhouse gas emissions from nuclear power: a critical survey. *Energy Policy* 36:2950-63.

<sup>100</sup> Fthenakis V.M. & Kim H.C. (2007). Greenhouse gas emissions from solar electric and nuclear power: a life cycle study. *Energy Policy* 35:2549-57.

<sup>101</sup> De wet van 22 juli 1985 stelt de exploitant van een kerninstallatie aansprakelijk voor de door een kernongeval veroorzaakte kernschade.

Dezelfde wet bepaalt in artikel 7 een maximaal kernschadebedrag waarvoor de exploitant aansprakelijk is. Dat bedrag werd, sinds de wetswijziging van 13 november 2011, opgetrokken tot 1,2 miljard euro. Dit bedrag vertegenwoordigt maar een fractie van de mogelijke economische schade van een grootschalig kernongeval zoals in Fukushima.

<sup>102</sup> Het huidige prijskaartje is gebaseerd op een kostenraming die uitgaat van een geologische berging in een weinig verharde kleilaag op een diepte van 200 meter. Als die denkpiste sneuvelt, moet er rekening worden gehouden met scenario's waarin het hoogradioactieve afval veel dieper opgeslagen moet worden. Volgens ramingen van NIRAS kost een berging op 400 meter diepte ongeveer 50% meer. De uitbaters van de kerncentrales zijn vandaag wettelijk verplicht voldoende geld opzij te zetten voor de berging en het beheer van het kernafval. Deze financiering gebeurt via het Fonds voor de Lange Termijn, waarin de afvalproducenten geld storten voor de toekomstige berging. In 2014 bedroegen de nucleaire voorzieningen 7,635 miljard euro. Ruim 3,1 miljard euro daarvan is bestemd voor de afbraak van kerninstallaties, de rest voor het beheer van de hoogradioactieve, uitgewerkte kernbrandstof. De regelgeving bepaalt ook dat de uitbaters niet meer aangesproken kunnen worden als de installaties niet meer operationeel zijn. Aangezien de kernuitstap momenteel gepland is voor 2025, betekent dat dat er nog slechts acht jaar rest om de rekening van de langetermijnberging te doen kloppen. De belastingbetaler riskeert mee te moeten betalen, als na 2025 blijkt dat definitieve berging van het hoogradioactief kernafval veel meer kost.

2012-2015 door de onvoorziene tijdelijke sluitingen van Doel 3 en 4)<sup>103</sup>. Toch is de politieke en maatschappelijke houding t.o.v. kernenergie doorheen de jaren grondig gewijzigd: waar kernenergie in de naoorlogse periode quasi unaniem aanvaard werd als symbool van vooruitgang en Belgische politici en industriële droomden van een ‘Belgische splijtstofcyclus’ (waarbij alle stappen van de splijtstofcyclus door Belgische bedrijven beheerst zouden worden), werd deze visie vanaf ongeveer de tweede helft van de jaren ’60 bijgesteld tot een grootschalig programma voor elektriciteitsproductie (seriebouw van kerncentrales), vervolgens verder ingekrompen tot een programma van een meer bescheiden dimensie (wat uiteindelijk neerkwam op de bouw van de 7 nu bestaande kerncentrales), om tenslotte verzeild te raken in een diepe politieke controverse met uiteindelijk de wet op de kernuitstap tot gevolg<sup>104</sup>. De wet op de kernuitstap uit 2003 bepaalt dat geen nieuwe kerncentrales voor industriële elektriciteitsproductie mogen worden gebouwd, en dat de bestaande kerncentrales gesloten worden wanneer ze 40 jaar oud zijn. Volgens de wet uit 2003 moesten de oudste drie reactoren (Doel 1 en 2, en Tihange 1) in 2015 sluiten en de jongste (Doel 4 en Tihange 3) in 2025; Doel 3 en Tihange 2 zouden respectievelijk in 2022 en 2023 gesloten worden. Uit vrees dat de bevoorradingszekerheid in het gedrang zou komen (en mede door het uitblijven van een breed gedragen alternatief investeringsplan), heeft de Belgische overheid echter beslist de operationele werkingsduur van die eerste drie centrales met 10 jaar te verlengen, wat maakt dat de volledige kernuitstap nu geconcentreerd wordt in de periode 2022-2025.

De huidige kerncentrales zijn centrales van de ‘2<sup>e</sup> generatie’ (de 1<sup>e</sup> generatie betreft de prototypes die in de jaren ’50 en ’60 van de vorige eeuw werden gebouwd). De 3<sup>e</sup> generatie bestaat uit een evolutionaire doorontwikkeling van de 2<sup>e</sup> generatie; er zijn momenteel in Europa twee van dergelijke centrales in opbouw (o.a. in Flamanville, Frankrijk en Olkiluoto, Finland). De bouw van deze centrales loopt echter aanzienlijke vertragingen op en de kosten lopen aanzienlijk op (2 tot 3 maal meer dan de oorspronkelijk begrote kosten). In België is vooralsnog niemand vragende partij om nieuwe kerncentrales te bouwen; het kernenergie debat spitst zich vandaag vooral toe op de vraag om een gedeelte van de nucleaire capaciteit ook na 2025 operationeel te houden. De term 4<sup>e</sup>-generatie reactoren is gereserveerd voor reactoren die revolutionair verschillen van de tweede en derde generatie reactoren door bijvoorbeeld het gebruik van andere koelmiddelen. Deze ‘revolutionaire’ reactoren zouden voordelen bieden op het gebied van een betere benutting van splijtstof, minder productie van hoogradioactief afval, betere veiligheid, enz. maar bevinden zich nog in een demonstratiefase en de commerciële toepasbaarheid is erg onzeker.

tabel 15: status van de mogelijke oplossingen in kernenergie

Mogelijke oplossing	Status
Nieuwe centrale van 3 <sup>e</sup> generatie	Commercieel beschikbaar maar geen plannen in België.
Centrale van 4 <sup>e</sup> generatie	Ontwikkeling en demonstratie nodig; wellicht na 2050.

#### 2.5.4 Verduurzaming van fossiele elektriciteitsproductie

Het resterende aandeel van centrale elektriciteitsproductie wordt ingevuld door centrales op basis van fossiele brandstoffen. Door de verstrengde milieuwetgeving kwam de productie op basis van steenkool in Vlaanderen steeds meer onder druk te staan, met sinds de jaren ’90 van de vorige eeuw een graduele verschuiving naar aardgascentrales tot gevolg (naast bijstook met biomassa en de ombouw naar één

<sup>103</sup> Brouwers J., Devriendt S. & Van Hooste H. (2017). MIRA systeembalans 2017 – Energiesysteem. VMM, Mechelen.

<sup>104</sup> Laes E., Chayapathi L., Meskens G. & Eggermont G. (2007). Kernenergie (on)besproken. viWTA/Acco, Leuven.

volledige biomassacentrale in Rodenhuize). Na eerst te verviervoudigen tussen 1990 en 2009, is de inzet van aardgascentrales in de periode 2009-2014 gehalveerd<sup>105</sup>. Het stijgend aanbod van hernieuwbare elektriciteitsproductie met een prioritaire toegang tot het elektriciteitsnet, alsook de stijgende import van elektriciteit in België (in 2015 werd ongeveer één vierde van het totale elektriciteitsgebruik geïmporteerd) zette de rentabiliteit van de gascentrales onder druk. Gascentrales uitgerust met WKK (STEG-centrales of gasturbines) zijn door de ondersteuning met WKK-certificaten minder blootgesteld aan deze druk. Op een periode van gestage groei (1990-2009) volgde van 2010 tot 2015 een periode van stagnatie<sup>106</sup>.

Wat de nabije toekomst betreft kunnen aardgascentrales (omwille van hun flexibele inzetbaarheid) gezien worden als de 'natuurlijke bondgenoot' van de (intermitterende) hernieuwbare energieproductie. De meest recente scenariostudies die werden uitgevoerd in het kader van het Energiepact, berekenden een nood aan capaciteit aan gascentrales tussen de 6,3 GW (EnergyVille<sup>107</sup> en Federaal Planbureau<sup>108</sup>) en 7,5 GW (Albrecht<sup>109</sup>). Dit zijn telkens capaciteiten voor het jaar 2030 in een scenario waarbij geen nucleaire centrales meer operationeel zijn. De nood aan nieuwe investeringen hangt dus vooral af van de beslissingen m.b.t. het al dan niet uitstellen van de kernuitstap. Bovendien heeft een mogelijke levensduurverlenging (in dienst houden van 2 GW nucleaire capaciteit na 2025) ook een negatieve impact op het aantal draaiuren (en dus de rentabiliteit) van deze gascentrales. Recent heeft het Federaal Planbureau ook berekend dat een verlengde nucleaire elektriciteitsopwekking een neerwaartse impact heeft op de groothandelsprijzen op de elektriciteitsmarkt, en bijgevolg een bijkomende hinderpaal kan betekenen voor de energietransitie<sup>110</sup>. Lagere groothandelsprijzen belemmeren immers de opschaling van investeringen in hernieuwbare energiebronnen en in energie-efficiënte technologie.

Moderne aardgascentrales halen rendementen van 50-60% en stoten ongeveer 350-400 g CO<sub>2</sub>/kWh uit. Op de lange termijn is het in principe een optie om fossiele elektriciteitsproductie koolstofarm te maken door de inzet van koolstofopvang en -opslag (CCS) of -hergebruik (CCU). Zoals vermeld in zowel de "Routekaart naar een koolstofarme economie in 2050" (COM(2011) 112) als in de "Energie-routekaart 2050" (COM(2011) 885) voorziet de Europese Commissie een belangrijke rol voor CCS in de strijd tegen de uitstoot van broeikasgassen. CCS-demonstratieprojecten in de EU zijn echter stopgezet als gevolg van moeilijke financiering, technische problemen en onzekerheden op regelgevend vlak<sup>111</sup>. Koolstofopvang kan in principe ingezet worden bij grote puntbronnen van CO<sub>2</sub>-uitstoot, zoals elektriciteitscentrales, maar ook energie-intensieve industrieën. In Vlaanderen komen vooral de chemie, raffinaderijen en de ijzer- en staalproductie in aanmerking. Een constante voor elk van de mogelijke opvangtechnologieën is het hoge energieverbruik. In sommige gevallen komt daar nog een hoog verbruik aan chemicaliën bij. Dit maakt het afvangen van CO<sub>2</sub> uit verdunde rookgassen duur, en bovendien beïnvloedt de afvang de efficiëntie van de elektriciteitsproductie. Schattingen over de evolutie op langere termijn wijzen in de richting van 30 tot 35 euro per ton vermeden CO<sub>2</sub> voor steenkoolcentrales en 66 tot 90 euro per ton voor gasgestookte

---

<sup>105</sup> Jespers K., Dufait N., Al Koussa J., Dams Y., Neven T., Renders N., Vingerhoets P., Wetzels W. (2017). Energiebalans Vlaanderen 1990-2016. Beschikbaar op: <http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>

<sup>106</sup> Wetzels W., Aernouts K. & Jespers K. (2016). Inventaris warmtekrachtkoppeling Vlaanderen 1990-2015, [http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Inventaris%20warmte-krachtkoppeling%201990-2015\\_Eindrapport\\_29-09-2016.pdf](http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Inventaris%20warmte-krachtkoppeling%201990-2015_Eindrapport_29-09-2016.pdf)

<sup>107</sup> EnergyVille (2018). Sensitivity scenario's underpinning choices for the Belgian Energy Pact, beschikbaar op [http://www.energyville.be/sites/default/files/gp\\_bbl\\_iew\\_report\\_-\\_v2018\\_03\\_06\\_final.pdf](http://www.energyville.be/sites/default/files/gp_bbl_iew_report_-_v2018_03_06_final.pdf)

<sup>108</sup> Devogelaer D., Gusbin D. (2018). Impact van het Pact. Bijkomende cijfers ter staving van een Energiepact.

<sup>109</sup> Albrecht J. (2018). EnergyPact Scenarios; Adequacy and System Costs.

<sup>110</sup> Devogelaer D. & Laine B. (2016). Drivers of wholesale electricity prices in a small, open economy - Some evidence from the nuclear restart in Belgium. Federal Planning Bureau, Working paper 9-16, October 2016.

<sup>111</sup> <https://euobserver.com/investigations/139257>, geraadpleegd op 14/9/2017.

centrales<sup>112</sup>. Op dit moment liggen de kosten echter enkele tientallen euro hoger. Kosten voor het afvangen van CO<sub>2</sub> uit industriële installaties variëren vandaag tussen 30 en 80 euro per ton. Een vergelijking met de huidige koolstofprijs op de ETS-markt die rond de 5 euro per ton CO<sub>2</sub> schommelt (en in de eerste maanden van 2018 wel klom tot 14 euro per ton CO<sub>2</sub>) leert al snel dat deze technologie (zonder bijkomende steun) commercieel gezien nog niet levensvatbaar is. Wat de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> betreft is het potentieel in Vlaanderen klein. Mocht deze optie in Vlaanderen ingang vinden dan zal waarschijnlijk gebruik moeten gemaakt worden van opslagmogelijkheden in het Britse, Nederlandse of Noorse deel van de Noordzee (opslag in lege gasvelden).

tabel 16: status van de mogelijke oplossingen in koolstofafvang en -opslag/-hergebruik

Mogelijke oplossing	Status
Koolstofafvang en -opslag (CCS)	Geen demonstratieprojecten in België; EU projecten stopgezet
Omzetting CO/CO <sub>2</sub> naar ethanol	Demonstratie voorzien bij Arcelor Mittal, nog niet actief
Omzetting CO <sub>2</sub> naar methanol	Plannen voor demonstratie in Haven van Antwerpen
Omzetting CO <sub>2</sub> naar single cell proteins	Demonstratie in NL., met inzet Vlaams bedrijf
Carbonatie voor bouwmaterialen <sup>113</sup>	Semi-commercieel
Omzetting CO <sub>2</sub> naar methaan	Demonstratie
Omzetting CO <sub>2</sub> naar algen	Operationeel

Vlaanderen zet wel actief in op de ontwikkeling van CCU-technologie<sup>114</sup>. Met behulp van CCU-technologie wordt CO<sub>2</sub> niet langer een afvalstroom maar een grondstof voor industriële toepassingen, bv. in de voedingsindustrie, in productieprocessen van de chemische industrie en voor de aanmaak van brandstoffen. In tabel 16 lijsten we de mogelijke innovaties op voor CCS en CCU, die momenteel door de Vlaamse industrie als kansrijk worden gezien.

## 2.6 Productie van duurzame biomassa

In het gewijzigd Energiebesluit van 12 mei 2017 heeft de Vlaamse overheid duurzaamheidscriteria vastgelegd voor installaties die elektriciteit of warmte produceren op basis van biomassa, die o.a. concurrentie met materialen voor voeding en industrie, bodemgebruik, (in)directe veranderingen in landgebruik, verbrandingsemissies, enz. in rekening brengen<sup>115</sup>. Voor een aantal categorieën van kleinere installaties (o.a. biogasinstallaties op basis van vergisting, stroomproductie-installaties < 1 MW, en warmteproductie-installaties < 10 MW) geldt een vereenvoudigde certificatieprocedure.

<sup>112</sup> Laenen B., Laes E., Lemeire C., Van den Abeele L., Van Wortswinkel L., van Alphen K. & Hanegraaf M. (2013). Evaluatie van het beleidskader en identificatie van beleidsinstrumenten voor het faciliteren van CC(U)S-projecten in Vlaanderen, <https://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/evaluatie-van-het-beleidskader-en-identificatie-van-beleidsinstrumenten-voor-het-faciliteren-van-cc-u-s-projecten-opslag-en-1>

<sup>113</sup> Carbonatie is een chemische reactie waarbij CO<sub>2</sub> reageert met calciumhydroxide waarbij onoplosbaar calciumcarbonaat wordt gevormd, wat leidt tot een betere betonkwaliteit.

<sup>114</sup> [www.lne.be/co2-als-grondstof-afvang-en-gebruik-van-co2-ccu](http://www.lne.be/co2-als-grondstof-afvang-en-gebruik-van-co2-ccu), geraadpleegd op 14/9/2017.

<sup>115</sup> <https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/legislation/1332/2017/sb210617-1.pdf>

tabel 17: status van de mogelijke oplossingen in duurzame biomassa<sup>116</sup>

Mogelijke oplossing	Status
Verbranding van droge biomassa voor elektriciteit en warmte	Commercieel beschikbaar
Vergisting van natte biomassa tot biogas	Commercieel beschikbaar
Vergassing en synthese van droge biomassa tot methanol/groen gas/biodiesel	Demonstratie
Vergassing en synthese van droge biomassa tot bulkchemicaliën	Onderzoeksfase
Mechanische en chemische bewerking van plantaardige oliën tot biodiesel	Commercieel beschikbaar
Voorbehandeling en fermentatie van zetmeel/suikers tot bio-ethanol	Commercieel beschikbaar
Voorbehandeling en fermentatie van droge biomassa tot bio-ethanol	Demonstratie
Voorbehandeling en fermentatie van droge biomassa tot chemicaliën	Onderzoeksfase

Er bestaan veel uiteenlopende routes voor de productie van energiedragers op basis van biomassa – deze worden in tabel 17 samengevat. In Vlaanderen wordt momenteel vooral ingezet op de productie van biogas dat ontstaat door de vergisting van nevenproducten uit de landbouw en vergisting van organisch biologisch afval van andere sectoren, de vergisting van mest en de verbranding van droge biomassa-resten (bv. snoeihout). Tevens zijn er momenteel drie bedrijven die biodiesel produceren en twee bedrijven die bio-ethanol produceren uit voedselgewassen zoals koolzaad, maïs, graan en suikerbiet – de zogenaamde biobrandstoffen van de 1<sup>e</sup> generatie. Omdat de productie van biobrandstoffen van de 1<sup>ste</sup> generatie echter tot een beperkte (of zelfs geen) reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot leidt, en concurrentie veroorzaakt met de productie van voedingsmiddelen, worden mogelijkheden tot de productie van 2<sup>e</sup> generatie biobrandstoffen (op basis van afvaloliën, oogstresten of houtafval) volop onderzocht.

## 2.7 Raffinaderijen

De vier Belgische raffinaderijen (Total Raffinaderij Antwerpen, ExxonMobil Petroleum, Gunvor België, Antwerp Processing Company) vormen het hart van de petrochemische cluster in Antwerpen. Het eigenverbruik van de sector bedraagt een kleine 6% van het finale energieverbruik in Vlaanderen<sup>117</sup>. Om de Europese klimaatdoelstellingen van 2030 en 2050<sup>118</sup> te kunnen realiseren moet het gebruik van fossiele brandstoffen drastisch ingeperkt worden. Dit zal een onomkeerbare impact hebben op de raffinagesector. Raffinaderijen opereren in een internationale context en de input en eindproducten worden wereldwijd getransporteerd. Aangezien de vraag naar brandstoffen zal dalen, zullen enkel die raffinaderijen overleven die sterk geïntegreerd zijn met andere sectoren (bv. chemische nijverheid) en/of een doorgedreven energie-efficiënte productie kennen.

<sup>116</sup> <http://www.pbl.nl/infographic/ontwikkelingsfasen-voor-technologie%C3%ABn-voor-bio-energie>

<sup>117</sup> Jaspers K., Dufait N., Al Koussa J., Dams Y., Neven T., Renders N., Vingerhoets P., Wetzels W. (2017). Energiebalans Vlaanderen 1990-2016. Beschikbaar op: <http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>

<sup>118</sup> Devogelaer D., Gusbin D. (2015). 2030 Climate and Energy Framework for Belgium - Impact assessment of a selection of policy scenarios up to 2050, Federaal Planbureau, Working paper 3-15.

### 2.7.1 Afstemming aanbod met vraag

Een gedeelte van de input in de raffinaderijen kan vervangen worden door feed stock van biologische oorsprong en kan worden bijgemengd in het huidige proces. Een volledige switch naar biologische feed stock in de huidige raffinaderijen is niet mogelijk omwille van de grote verschillen<sup>119</sup>:

- Homogene fossiele feed stock versus heterogene biologische feed stock;
- Laag zuurstofgehalte fossiele feed stock versus hoog zuurstofgehalte biologische feed stock;
- Hoger zwavelgehalte fossiele feed stock versus laag zwavelgehalte biologische feed stock.

De processtappen verschillen bijgevolg ook sterk in een bio raffinaderij. Bio raffinaderijen kunnen ingedeeld worden volgens 4 verschillende karakteristieken (naar IEA Bio-energie Task 42):

- Platform: intermediaire producten (bv. moleculen met 5 of 6 koolstofatomen (C5/C6), suikers, syngas, biogas) die verschillende bio raffinaderij systemen en processen linken of de finale producten. Hoe meer 'platformen' binnen een bio-raffinaderij, hoe complexer de raffinaderij;
- Productgroepen: energie (bv. bio ethanol, biodiesel ...) en producten (bv. chemie, materialen, voeding ...);
- Feed stock groepen: energie-gewassen afkomstig van de landbouw, biomassa residu van landbouw, bosbouw, industrie ...;
- Conversie processen: biochemisch (bv. fermentatie ...), thermochemisch (bv. pyrolyse, gasificatie ...), chemisch (bv. hydrolyse, synthese, esterificatie), mechanisch (bv. fractionering ...).

In verschillende studies is het potentieel voor chemische en polymeerproductie van biomassa onderzocht. De koppeling van de Vlaamse raffinaderijen met de chemiecluster in Antwerpen kan daarbij dus zeker als een troef uitgespeeld worden. Biomassa beschikbaarheid zal echter eerder een probleem zijn. Het transporteren van biomassa als input voor de bio raffinaderijen is minder rendabel dan het transport van ruwe olie en afgewerkte producten. Het gebruik van biomassa voor de productie van biobrandstoffen ligt vaker ter discussie en in energiesysteem dat in 2050 naar alle waarschijnlijkheid slechts beperkt gebruik van vloeibare brandstoffen zal maken zal deze energiebron eerder een geringe rol spelen.

Een op kortere termijn meer realistische optie vanuit de bestaande raffinaderijprocessen, is het beter afstemmen van de productie van eindproducten op de vraag. Bij een daling van de vraag en productie van transportbrandstoffen kunnen de productieprocessen worden aangepast zodat er een grotere opbrengst kan gerealiseerd worden van feed stock voor de petrochemische industrie. De productie van ethyleen, propyleen en nafta kan verhoogd worden, maar uiteraard zijn ook daar grenzen aan.

### 2.7.2 Productie en grondstoffengebruik

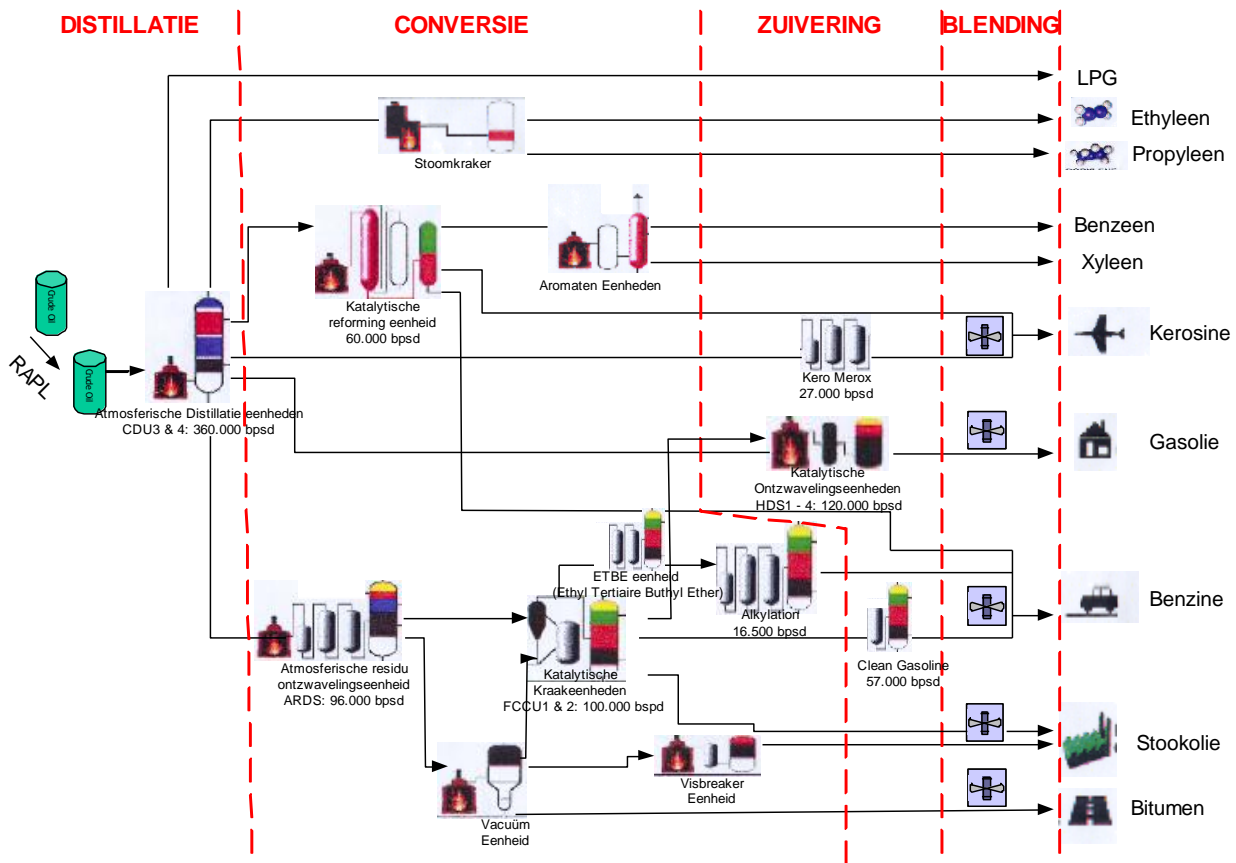
De typische productieprocessen in een raffinaderij bestaan samengevat uit distillatie, conversie, zuivering en blending. Onderstaande figuur 4 geeft schematisch deze processen weer voor de Total Raffinaderij Antwerpen. Sinds het ontstaan van de raffinaderijen hebben voortdurend innovaties plaats gevonden, zijn processtappen toegevoegd (toename 'complexiteit'), en is het gamma aan en de waarde van de

---

<sup>119</sup> Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries, Industrial Biorefineries and White Biotechnology, Ed de Jong, Gerfried Jungmeier

eindproducten (brandstoffen en grondstoffen voor petrochemie) toegenomen. De processen met het hoogste energieverbruik en gerelateerde emissies situeren zich bij de procesfornuizen, boilers en gasturbines in de atmosferische distillatie, katalytische kraakeenheden, katalytische reforming en ontzwaveling.

figuur 4: schematische weergave van de productieprocessen in een raffinaderij (Total Raffinaderij Antwerpen)



De distillatiecapaciteit van de Belgische raffinaderijen is sinds 2010 stabiel gebleven en bedraagt iets meer dan 40 Mton<sup>120</sup>. De gebruikte capaciteit ('utilisation rate') voor de verwerking van ruwe aardolie nam lichtjes af sinds 2010 en zit de laatste jaren iets onder de 80% (verwerking van zo'n 32 Mton aan ruwe aardolie). Wereldwijd is de sector zich bewust van het feit dat de bestaande overcapaciteit uit het verleden de economische realiteit zal moeten volgen. Enkel de meer complexe raffinaderijen slagen er in om hun 'utilisation rate' voldoende hoog te houden. Total en ExxonMobil scoren goed op dat vlak en ook de directe link met de petrochemische bedrijven versterkt hun positie. De krakingcapaciteit van de raffinaderijen verdrievoudigde sinds de start in 1973 en bedroeg in 2016 maar liefst 11 Mton.

<sup>120</sup> Jaarverslag 2016 Belgische Petroleum Federatie



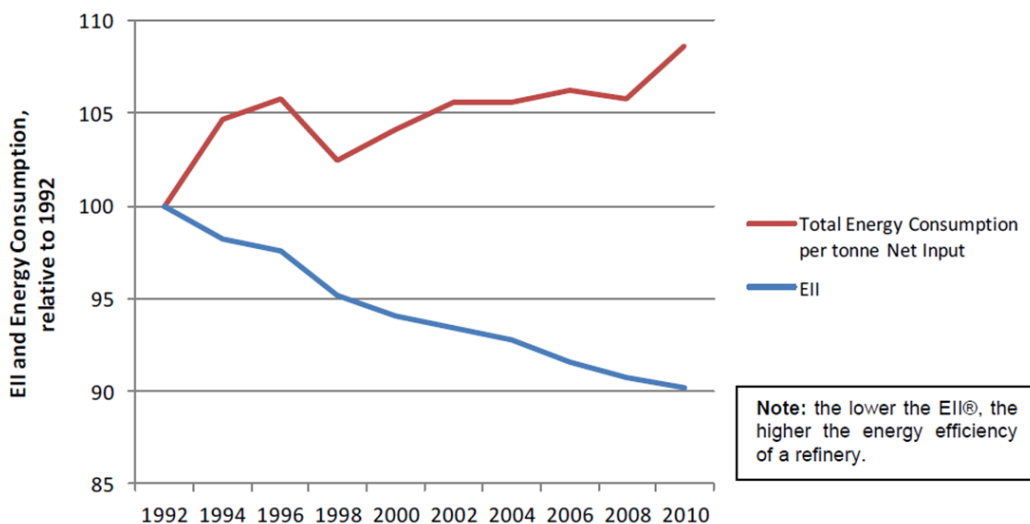
Ontzwaveling van de eindproducten zoals transportbrandstoffen wint sinds lange tijd aan belang. Verstrenge Europese regelgeving<sup>121</sup> van 2009 maakt dat het zwavelgehalte in de brandstoffen sterk naar beneden moest. De ontzwavelingscapaciteit van de Belgische raffinaderijen (Total en ExxonMobil) schommelt sinds 2010 rond de 35 Mton.

De omslag naar meer dieselgebruik in de transportvloot in Europa heeft als gevolg gehad dat de netto-productie van afgewerkte producten in België mee is gewijzigd. De verhouding van diesel en stookolie ten opzichte van de totale nettoproductie nam toe van 32% in 2005 tot 38% in 2015. Sinds 2010 is het aandeel van benzines (17%) en diesel (83%) in het totale verbruik van transportbrandstoffen in België stabiel gebleven en sinds 2014 zien we de trend licht ombuigen naar meer benzines (19% in 2016) en minder diesel (81% in 2016).

### 2.7.3 Procesinnovatie

De raffinaderijen behoren tot de energie intensieve industrie. Terwijl het energieverbruik voor heel wat industriële sectoren de afgelopen jaren daalde per eenheid output omwille van energie efficiëntiewinsten, tekent het omgekeerde zich af bij de raffinaderijen. Het energieverbruik per eenheid input van aardolie neemt toe. Dit is te wijten aan de grotere complexiteit van de raffinaderijen, het toegenomen aantal processtappen en daaraan gelinkt het bredere spectrum aan eindproducten en daarnaast aan de kwaliteit van de aardolie die verwerkt moet worden (toename van zwaardere fracties). Nochtans geeft de sector aan dat de energie efficiëntie toeneemt en dit wordt uitgedrukt in de 'Energy Intensity Index' (EII) die ontwikkeld werd door HSB Solomon Associates LCC. Deze index maakt het mogelijk om raffinaderijen met sterk verschillende complexiteit en output onderling te kunnen vergelijken. Uit figuur 5 blijkt duidelijk dat de EII tussen 1992 en 2010 sterk afneemt ondanks een toename in energieverbruik, wat overeenkomt met de toename in complexiteit van de raffinaderijen.

figuur 5: energieverbruik vs. energie-efficiëntie in de raffinagesector van 1992-2010 (EU-27)<sup>122</sup>



<sup>121</sup> <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0030>, geraadpleegd op 29/09/2017.

<sup>122</sup> [www.concawe.be](http://www.concawe.be), EU refinery energy systems and efficiency, march 2012.

Procesinnovaties kunnen op de volgende manieren geïmplementeerd worden:

- Energie-efficiëntie verbeteringen aan de huidige processen;
- Verbeteringen/veranderingen aan de processen;
- Afstemming aanbod met vraag (Roadmap 2030-2050):
  - Shift naar gedeeltelijke/volledige bio-raffinaderij;
  - Product mix transformatie: shift naar uitsluitend productie van feed stock voor petrochemie.

#### 2.7.3.1 Energie-efficiëntie verbeteringen aan de huidige processen

Het reduceren van thermische verliezen bij de huidige processtappen, kan nog een aanzienlijke reductie van energieverbruik en emissies betekenen. De complexiteit en hoge niveau van procesintegratie bemoeilijken echter de implementatie van de nodige aanpassingen. In de praktijk betekent dit dat de aanpassingen slechts gebeuren bij de geplande shutdown van bepaalde eenheden.

Een meer gedetailleerde analyse van de huidige stand van zaken van de proces efficiëntie van de Vlaamse raffinaderijen dringt zich op, maar voorlopig beroepen we ons op beschikbare literatuur. De SERPEC-CC<sup>123</sup> rapporten van eind 2009 ('Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change') zijn ook op Europees niveau nog steeds vaak gebruikt. In het rapport worden een aantal besparingsmaatregelen besproken en wordt voor elke lidstaat het effectieve potentieel ingeschat.

Procescontrole en energiemonitoring, pinch-technologie kan volgens SERPEC-CC nog zo'n 16% besparing opleveren bij de Belgische raffinaderijen. Gasrecuperatie in plaats van affakkelen kan een 2% op het totale verbruik besparen. Continu monitoring en afstelling van de stoomopwekking kan 5% besparen op de stoomproductie. Een systeemanalyse van het gebruik van elektrische motoren (pompen, compressoren) kan 16% besparen op het elektriciteitsgebruik van de motoren.

#### 2.7.3.2 Verbeteringen/veranderingen aan de processen

Het distillatieproces (atmosferisch en vacuüm) is het meest energie-intensieve proces van een raffinaderij. De inkomende productstroom wordt opgewarmd in ovens of met stoom waarna producten gescheiden worden op basis van hun kookpunt. Verbeteringen kunnen aangebracht worden in de distillatiekolom of bij de warmtetransfer. Besparingen van 7% kunnen gerealiseerd worden op het totale gebruik van de raffinaderij door aanpassingen aan de bestaande distillatie. Zeer drastische aanpassingen en verregaande integratie van fractionering, thermische en mechanische stappen kan van 30 tot 65% energiereductie opleveren. We spreken dan echter van een totale verandering en heropbouw van een raffinaderij.

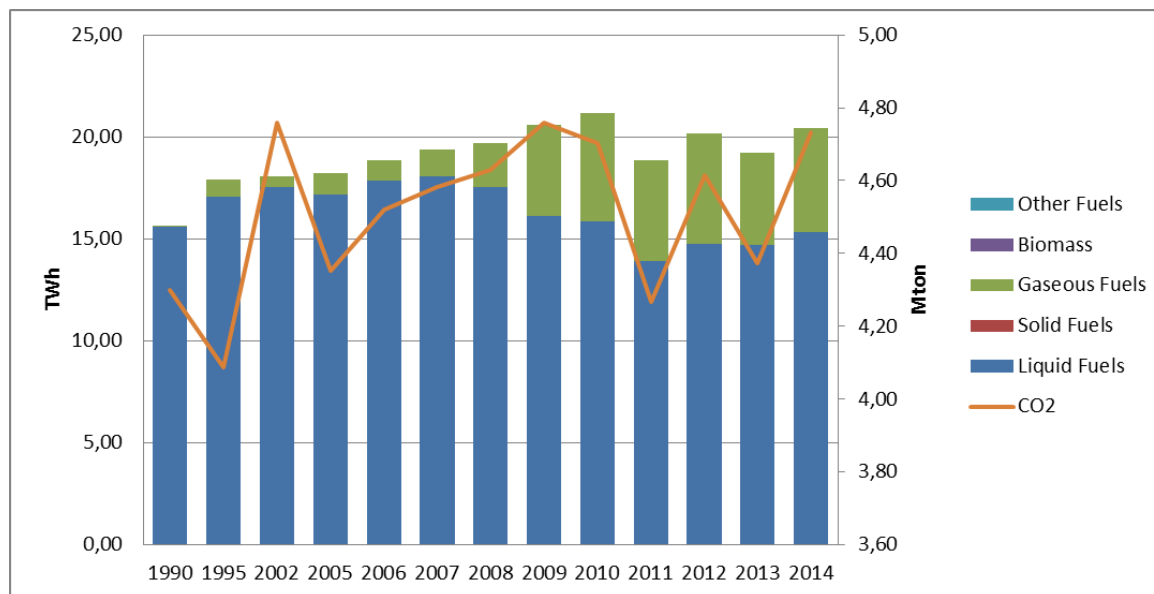
#### 2.7.4 Energiedragers

Traditioneel gebruikten de raffinaderijen in de processtappen uitsluitend vloeibare brandstoffen en reststromen van eigen processen (raffinaderijgas). De laatste jaren is het gebruik van aardgas toegenomen, voornamelijk te danken aan het gebruik van WKK's voor de stoomproductie. De CO<sub>2</sub>-emissiefactor varieert van jaar tot jaar en is voor een groot gedeelte afhankelijk van de gebruikte reststromen.

---

<sup>123</sup> Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change; Ecofys, E3M-Lab, JRC-IPTS, October 2009

figuur 6: brandstofgebruik in de raffinaderijen en CO<sub>2</sub>-emissies (Bron: CRF 2016)



Voor een aantal processtappen (kraakprocessen: produceren van lichtere fracties en ontzwaveling) wordt waterstofgas gebruikt. Dit waterstofgas wordt voor het grootste gedeelte aangekocht. Momenteel wordt waterstofgas bijna uitsluitend geproduceerd door stoomreforming van aardgas en daarbij zijn hoge temperaturen (700-1100 °C) nodig. Waterstofgas kan echter ook geproduceerd worden door elektrolyse uit water. In een recente studie die VITO/EnergyVille mee uitvoerde in opdracht van de EC DG Energy<sup>124</sup>, werd aangegeven dat 30% (of 1,4 Mton per jaar) van het huidige waterstofgasverbruik in Europa naar raffinaderijen gaat. Indien deze hoeveelheid kan geproduceerd worden op basis van hernieuwbare elektriciteit dan kan er een aanzienlijke aardgasbesparing gerealiseerd worden.

tabel 18: status van de mogelijke oplossingen in de raffinagesector

Mogelijke oplossing	Status
<b>Energie-efficiëntie verbeteringen aan de huidige processen (procescontrole en -integratie, betere afstelling ...)</b>	Operationeel
<b>Switch naar aardgas als brandstof voor processen</b>	Operationeel
<b>Verder toepassen van WKK in de processen</b>	Operationeel
<b>Innovaties aan het distillatieproces:</b>	
<b>Advanced distillation</b>	Operationeel
<b>Progressive distillation</b>	Pre-commercieel
<b>Verregaande integratie van fractionering, thermische en mechanische stappen</b>	Demonstratie
<b>Ombouw van fossiele naar bio raffinaderij</b>	Demonstratie
<b>Power to hydrogen</b>	Demonstratie

<sup>124</sup> INVESTMENT NEEDS IN TRANS-EUROPEAN ENERGY INFRASTRUCTURE UP TO 2030 AND BEYOND, Ecofys, VITO/EnergyVille, COWI, publicatie pending.

## 2.8 Infrastructuur

### 2.8.1 Transmissie van elektriciteit

Op gebied van transmissie van elektriciteit zijn er verschillende projecten gepland om de verbinding met de buurlanden te verbeteren. Zo is er de geplande rechtstreekse verbinding met het Duitse net via het Alegro-project, het Stevin- en Nemo-project dat de verbinding met Engeland moet verzorgen, en enkele andere projecten zodat in de komende jaren iets meer dan 6 GW aan importcapaciteit beschikbaar zou zijn. Dit heeft een positieve impact op de bevoorradingszekerheid in ons land, en kan bovendien de groothandelsprijs van elektriciteit verminderen door de toegenomen energie-uitwisseling met de buurlanden. Op gebied van innovatie heeft netbeheerder Elia reeds verschillende stappen gezet. Zo is er, anders dan in verschillende andere Europese landen, een integratie van flexibiliteit aan vraagzijde, waar Elia beroep doet op meer dan 620 MW actieve vraagsturing verspreid over verschillende marktproducten (primaire, tertiaire en strategische reserve)<sup>125</sup>. Recent nam Elia ook 17 MW aan batterij-opslag op in de primaire reserve. Ook is er monitoring en controle van de energiestromen, met meetapparatuur en 'on load tap changers' in alle primaire onderstations.

tabel 19: status van de mogelijke oplossingen met betrekking tot transmissienetten

Mogelijke oplossing	Status
Monitoring en controle in het transmissienet	Volledig operationeel
'On load tap changers' in HV/MV cabines	Volledig operationeel
Bouw van HVDC netten	In opstart
Dynamic Line Rating	Demonstratie

De grote veranderingen van de laatste jaren zijn dus voornamelijk de uitbreiding van de interconnectiecapaciteit en de uitbreiding van flexibiliteit aan de consumptiezijde. Mogelijke innovaties zijn de volgende:

- 'High-Voltage Direct Current' (HVDC) leidingen en de interactie met 'Alternating Current' (AC) leidingen. Gelijkstroomnetten (*Direct Current*) hebben de laatste jaren wereldwijd aan populariteit gewonnen. Aangezien de energie met minder verliezen kan getransporteerd worden is dit vooral een oplossing voor lange-afstandsverbindingen. Gelijkstroomnetten brengen echter ook uitdagingen met zich mee. Zo zijn ze moeilijker te stabiliseren ten opzichte van wisselstroomnetten en moeten er andere veiligheidssystemen worden uitgewerkt. Op zich is dit een uitdaging voor de transmissienetbeheerder, concreet wordt er in het Alegro-project gewerkt aan een HVDC-verbinding met Duitsland.
- 'Dynamic Line Rating': In plaats van de maximale stroom door een lijn als een vast gegeven te beschouwen, kan dit dynamisch beschouwd worden op gebied van lokale temperatuurmetingen. Dit kan op bepaalde momenten de invoercapaciteit van een hoogspanningslijn beperkt verhogen.

### 2.8.2 Distributie van elektriciteit

De toegenomen decentrale productie van energie, in combinatie met de eerder besproken elektrificatie van de warmte- en mobiliteitsvraag, vormt een grote uitdaging voor het laagspanningsnet in de komende jaren. Aangezien de Belgische piekvraag naar gas meer dan drie keer hoger is dan de piekvraag naar

<sup>125</sup> <http://www.globalsmartgridfederation.org/wp-content/uploads/2016/12/flexibilitylow.pdf>



tabel 20: status van de mogelijke oplossingen in elektrische distributienetten

Mogelijke oplossing	Status
Slimme meter uitrol en data management	Demonstratiefase
Monitoring en controle in het midden- en laagspanningsnet	Operationeel
Real-time management van flexibiliteit in een marktmechanisme	R&D
On-load tap changers op MV/LV cabines	Demonstratie
Slimme controle van decentrale productie	Demonstratie
Gelijkspanningsnetten	Nog niet actief

### 2.8.3 Transmissie en distributie van gas

Aardgas is nog steeds de meest gebruikte brandstof voor verwarming in Vlaanderen. Door de stopzetting van de levering van laagcalorisch gas uit Nederland is in de komende jaren een omschakeling naar volledig hoogcalorisch gas noodzakelijk. Op gebied van innovatie is weinig te verwachten voor transmissie en distributie in het gasnetwerk. De toenemende gebouwisolatie en elektrificatie van verwarming zorgt ervoor dat de dimensionering van het huidige gasnetwerk ook in de komende jaren volstaat. Mogelijks zal in de toekomst in beperkte mate ook waterstof bijgemengd wordt na elektrolyse voor lange-termijn energie-opslag. Dit is in beperkte mate mogelijk (10-15% volgens enkele studies, maar in vele landen is de norm eerder 1-2% of minder) door de relatieve onsamendrukbaarheid van waterstof.

Bijmenging van groen gas is vanuit technische standpunt mogelijk, maar wordt nog niet toegepast in Vlaanderen (de eerste biomethaan productie-installatie is momenteel in opbouw). Doordat het gas vaak teveel onzuiverheden bevat (zoals bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>) moet het eerst gezuiverd worden, wat de commerciële haalbaarheid in het gedrang brengt.

### 2.8.4 Warmtenetten

Het collectief opwekken en distribueren van warmte via warmtenetten biedt, afhankelijk van de gebruikte warmtebron, een gunstig perspectief op duurzaamheid:

- Fossiele brandstoffen (vooral gas): t.o.v. individuele verwarming (gasboilers, stookolie) biedt collectieve warmteopwekking het voordeel dat één centrale bron een efficiëntere omzetting van de brandstof naar warmte verzekert, zeker indien gebruik gemaakt wordt van een WKK. De behandeling en zuivering van rookgassen is ook gemakkelijker te voorzien bij grote, centrale installaties.
- Restwarmte: restwarmte van bv. industriële processen of afvalverbranding die anders verloren zou gaan kan via warmtenetten nuttig aangewend worden. Een bijzondere vorm van restwarmtewinning is riothermie, waarbij warmte uit het rioolwater gerecupereerd wordt.
- Hernieuwbare bronnen zoals duurzame biomassa, diepe of ondiepe geothermie of zonnearmte stoten geen CO<sub>2</sub> uit (of andere luchtpolluenten in het geval van geothermie of zonnearmte).
- Voor diepe geothermie zijn enkel in de Kempen vanaf 3 km diepte grondwaterlagen beschikbaar die een voldoende hoge temperatuur hebben. Al naargelang de lokale omstandigheden kan koppeling van deze hernieuwbare energiebronnen aan een warmtenet, meestal gekoppeld met een vorm van warmteopslag (om fluctuaties in de warmtevraag op te vangen) een gunstig economisch perspectief bieden.



Warmtenetten zijn vooral economisch gezien interessant waar in een beperkt gebied een grote concentratie van (grote) warmtevragers is en geschikte warmtebronnen aanwezig zijn, bv. in het geval van een industriële site met een aanbod van restwarmte in de nabijheid van een stedelijke omgeving. Tot op vandaag is de uitrol van warmtenetten in Vlaanderen eerder beperkt. Bestaande warmtenetten leveren 0,56 Wh warmte per jaar, wat overeenkomt met de warmtevoorziening voor ongeveer 27 000 gezinnen<sup>128</sup>. Het Vlaamse beleid hecht echter veel belang aan de verdere uitrol van warmtenetten, zoals bijvoorbeeld blijkt uit de publicatie van het 'warmteplan 2020'<sup>129</sup> of het recent goedgekeurde wijzigingsdecreet voor de invoering van een regulerend kader voor warmte- of koude netten<sup>130</sup>. In het warmteplan 2020 stelt de Vlaamse regering een doelstelling van 1 TWh warmtelevering op basis van warmtenetten voorop (voor een equivalent van ongeveer 50 000 gezinnen). Beleidsondersteuning is voorzien via een jaarlijkse call voor projecten die gebruik maken van groene warmte, restwarmte, geothermie of bio methaan. Op dit moment zijn al 18 warmtenetprojecten goedgekeurd. Andere beleidsinitiatieven zijn bv. het opstellen van een warmtekaart (die potentieel kansrijke zones voor de ontwikkeling van warmtenetten in kaart brengt)<sup>131</sup>, het oprichten van een beleidsplatform warmtenetten, en het opzetten van een traject voor de ontzorging van lokale besturen.

Tevens hebben de Vlaamse distributienetbeheerders (DNBs) Eandis en Infrac specifiek voor de uitrol van warmtenetten een nieuw warmtebedrijf opgericht ('warmte@vlaanderen'). Doel is de sterktes van de partners te bundelen om zo het potentieel van warmtenetten in Vlaanderen te maximaliseren. Er is voorzien dat het warmtebedrijf de volledige ketting van productie, distributie tot levering van warmte kan verzorgen, naast de bouw en het onderhoud van de installaties. De structuur van het warmtebedrijf laat participatie door andere partijen toe, afhankelijk van het concrete project.

tabel 21: status van de mogelijke oplossingen op gebied van warmtenetten

Mogelijke oplossing	Status
<b>3<sup>e</sup> generatie warmtenetten (T = 80-100°C) op basis van restwarmte of WKK</b>	Commercieel beschikbaar
<b>4<sup>e</sup> generatie warmtenetten (T = vanaf 40°C of lager) op basis van integratie verschillende bronnen</b>	Eerste toepassingen in België (Kortrijk), Denemarken, Nederland, UK ...

Wat technologische innovatie betreft is vooral de evolutie naar de zogenaamde 4<sup>e</sup> generatie warmte- en koude netten van belang voor Vlaanderen. Deze 4<sup>e</sup> generatie thermische netten bieden warmte (en soms koude) aan op meerdere temperatuurniveaus (met inbegrip van lage temperatuurwarmte), doen vooral een beroep op duurzame bronnen, en integreren verschillende types bronnen binnen hetzelfde warmtenet. Deze 4<sup>e</sup> generatie thermische netten zijn interessant vanwege twee belangrijke ontwikkelingen:

- Aan de aanbodkant zullen de CO<sub>2</sub>-emissiedoelstellingen leiden tot een verminderd aanbod van restwarmte vanuit de industrie of centrale elektriciteitsproductie. In de industrie zorgt efficiëntieverbetering ervoor dat niet alleen de hoeveelheid beschikbare restwarmte afneemt, maar ook de temperatuur van de restwarmte. Waarschijnlijk daalt ook de beschikbaarheid van warmte uit het verbranden van afval in afvalverbrandingsinstallaties. Efficiëntere afvalverwerking en recycling leidt namelijk tot een reductie in afvalstromen.

<sup>128</sup> <http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/warmteplan.pdf>

<sup>129</sup> <http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/warmteplan.pdf>

<sup>130</sup> [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi/loi/change\\_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2017031015&table\\_name=wet](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi/loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2017031015&table_name=wet), geraadpleegd op 20/9/2017.

<sup>131</sup> [www.geopunt.be](http://www.geopunt.be), geraadpleegd op 20/9/2017.

- Aan de gebruikerskant neemt de warmtevraag per woning voor ruimteverwarming sterk af door energiebesparingsmaatregelen zoals isolatie en warmteterugwinning. Deze lagere warmtevraag maakt het mogelijk om met een lagere temperatuur te verwarmen en hiervoor lage temperatuur warmtebronnen te gebruiken.

## 2.9 Centrale afstemming energievraag/-aanbod

Een van de belangrijkste uitdagingen in de energiesector de komende jaren is de afstemming van vraag en aanbod om het evenwicht in het net te bewaren. Traditioneel gezien werd dit voornamelijk gerealiseerd aan de productiezijde, door flexibele gascentrales bij of af te regelen. Door de vele onregelmatige productiepieken van hernieuwbare energie komt hier echter verandering in, we bespreken hieronder de belangrijkste innovaties.

### 2.9.1 Flexibiliteit aan de vraagzijde

Flexibiliteit voor grote industriële spelers is reeds commercieel in de markt als primaire reserve en tertiaire reserve, met marktproducten als *'R3DP dynamic pricing'* en *'ICH interruptible clients'*. Zulke industriële spelers hebben vaak een opwarmingsproces (zoals bv. cementindustrie) of een mechanisch proces (zoals bv. pompen bij waterzuiveringsinstallaties) dat tijdelijk kan stilgelegd worden zonder economisch verlies. Een aggregator controleert dan de flexibele vraag op de site en maakt de verbinding met de markt. In de toekomst kan flexibiliteit aan de vraagzijde zich uitbreiden tot de residentiële en dienstensector (bv. via slimme apparaten – zie sectie 2.1.4).

### 2.9.2 Energieopslag

#### 2.9.2.1 Pompcentrales

België heeft enkele pompcentrales, met de belangrijkste in Coe. Dit park zou nog verder kunnen uitgebreid worden, of eventueel aangevuld worden met zogenaamde 'energie-atollen' op zee. Dergelijk energie-atol zou dan gebruikt worden voor de tijdelijke opslag van de elektriciteitsproductie door de windmolenparken op zee. Door een gebrek aan interesse van investeerders werd een energie-atol voor de Belgische kust nog niet gerealiseerd en de bouw ervan is ook niet voorzien in het marien ruimtelijk plan 2020-2026. Met het groeiend aandeel aan windenergie en PV kunnen deze vormen van energieopslag opnieuw aan belang winnen op de lange termijn, maar door de snel dalende prijs van batterij opslag is het echter zeer onzeker dat investeringen in pompcentrales of energie-atollen ook werkelijk zullen plaatsvinden.

#### 2.9.2.2 Lange termijn warmte/koude opslag

Verschillende vormen van lange termijn warmte/koude opslag zijn mogelijk: tankopslag, waar de warmte in een bassin wordt opgeslagen, of warmteopslag in natuurlijke of uitgegraven putten. Vooral in combinatie met warmtevoorziening door warmtepompen of de voorziening van SWW door warmtepompboilers kunnen hier duurzame en flexibele oplossingen gerealiseerd worden voor de integratie van fluctuerende hernieuwbare energiebronnen. Men kan ook warmte in boorgaten opslaan, waar de warmte/koude een medium wordt rondgepompt, of in aquifers, een ruimte met poreuze rotsen en water. Enkele demonstratieprojecten zijn bv. te vinden bij Terra Energy<sup>132</sup>; de seizoensopslag van warmte/koude wordt

---

<sup>132</sup> <http://www.terra-energy.be/nl/home>, geraadpleegd op 29/9/2017.



echter nog niet toegepast in Vlaanderen. Een eventuele commerciële doorbraak van deze technologie hangt samen met de mogelijke introductie van warmtenetten in Vlaanderen.

### 2.9.2.3 Centrale batterijopslag

Lithium ion is momenteel de dominante technologie voor batterijopslag. Verwacht wordt dat dit de komende jaren nog zo zal blijven voor mobiele toepassingen zoals gsm's en auto's, gezien de compactheid van de batterijen. Het is echter niet uitgesloten dat een andere disruptieve technologie in de komende jaren zijn intrede doet, of voor stationaire toepassingen (bv. loodzuur) een andere technologie overneemt.

Eerder dan een spectaculaire innovatie in het design van batterijen zelf, zien we de laatste jaren enerzijds een kostenreductie, en anderzijds een uitbreiding van de toepassingen van batterijen. Zo contracteerde Elia recent centrale batterijopslag van 17MW als primaire reserve bij een Vlaamse aggregator. Dit verwachten we in de komende jaren nog meer, waarbij batterijen kunnen geoptimaliseerd en slim aangestuurd worden in functie van verschillende doelstellingen, bv. 'portfolio management' voor 'balancing responsible parties' (BRPs) om hun mogelijke onbalans te verminderen, of als reserve voor de transmissie-netbeheerders en ondersteuning van het lokale net.

tabel 22: status van de mogelijke oplossingen in energieopslag

Mogelijke oplossing	Status
Batterijen voor frequentie-ondersteuning	Operationeel
Thuis- of wijkbatterijen voor lokale portfolio-optimalisatie	Operationeel (vooral Duitsland)
Thuis- of wijkbatterijen voor lokale netondersteuning	Nog niet actief
Warmte-opslag in tanks of de ondergrond via warmtepompen of warmtepompboilers	Operationeel

Belangrijke aanvulling hier is dat gebouwen zelf ook kunnen gebruikt worden voor warmte-opslag. Dit is geen technologische innovatie op zich, maar wordt in dit document vermeld bij het slim aansturen van warmtepompen.

### 2.9.2.4 'Power to hydrogen/methanol/gas'

Elektrolyse voor energieopslag is slechts een van de toepassingen van de omzetting van elektriciteit naar waterstof. De laatste jaren zien we een sterke kostenreductie, voornamelijk van de 'Proton Exchange Membrane' (PEM) technologie, gecombineerd met een schaalvergroting naar multi-megawatt projecten, zoals de 6 MW installatie bij Audi in 2016.

Als opslagmedium kan waterstof complementair zijn aan batterijen; door waterstof in het gasnet te injecteren kan het immers als seizoensopslag gebruikt worden. Het potentieel wordt echter beperkt door de relatieve onsamendrukbaarheid van waterstof: er kan maximaal 15% (maar in de regulering van de meeste landen maximaal enkele procent) van het natuurlijk gas in het net uit waterstof bestaan<sup>133</sup>. De eigenschap van waterstof om metaal broos te maken en het feit dat het bij opslag de bodem kan verzuren beperkt het potentieel. Vermits elektriciteit (mede door de regelgeving) nog altijd een stuk duurder is dan gas, zijn elektrolyse demonstratieprojecten nog steeds sterk afhankelijk van subsidies. Een andere mogelijkheid is om synthetisch methaan te produceren. Industriële productie die afvalstromen van CO of

<sup>133</sup> Zie bv. de website [www.certifyhy.eu](http://www.certifyhy.eu) voor relevante referenties en publicaties.

CO<sub>2</sub> heeft, of werkt met vergassing van biomassa (zie ook sectie 2.6), kan het waterstof goed benutten om het via een reactie om te zetten naar methaangas. De omzetting naar methaangas vindt bij voorkeur plaats middels biologische processen om de kosten laag te houden. Het geproduceerde methaan wordt geïnjecteerd in het gasnet. Verder biedt ondergrondse opslagcapaciteit de mogelijkheid om nog meer energie tijdelijk vast te leggen. Daarmee biedt power-to-gas een oplossing voor de discrepantie tussen vraag en aanbod van elektriciteit over langere perioden (bv. seizoensopslag).

tabel 23: status van de mogelijke oplossingen in power-to-gas

Mogelijke oplossing	Status
'Power to hydrogen' voor mobiliteitstoepassingen	Operationeel
'Power to hydrogen' voor injectie in het gasnet	Demonstratie
'Power to methane' voor injectie in het gasnet	Pre-commercieel
'Power to hydrogen/methanol' voor industriële toepassingen	Demonstratie
'Power to hydrogen' voor olieraffinaderijen	Demonstratie

### 2.9.3 Curtailment

Een optie die door beleidsmakers vaak over het hoofd gezien wordt is 'curtailment', ofwel het afschakelen van energie productie-eenheden bij overproductie. Dit is uiteraard vanuit energie-efficiëntie oogpunt niet interessant, maar kan in bepaalde gevallen wel de meest kostenefficiënte oplossing vormen. Zo worden er in België reeds negatieve prijzen op de onbalansmarkt genoteerd<sup>134</sup>, vooral wanneer er veel wind en zon is en de kerncentrales draaien. Ook elders in Europa werden al negatieve elektriciteitsprijzen genoteerd. Eandis heeft in het 'Swift'-project (zie boven) ervaring opgedaan met 'curtailment' en slimme sturing van windturbines, en kwam tot de conclusie dat een slimme aansturing van windmolenparken bevorderlijk is voor de integratie van meer hernieuwbare energie, en dat slechts een klein deel van de windenergie niet op het net kon worden gezet. Ook voor zonne-energie kan het vanuit maatschappelijk oogpunt meer kostenefficiënt zijn om de productie gedurende een klein percentage van de tijd uit te schakelen en de investering in het versterken van het laagspanningsnet uit te stellen. In het 'Clean Energy Package' van de Europese Commissie wordt de suggestie gedaan om de prioritaire nettoegang van hernieuwbare energie af te schaffen, wat de deur zou openzetten voor een intrede van slim 'curtailment' in de nationale regulering.

<sup>134</sup> In de opeenvolgende maanden van 2017 werden bijvoorbeeld in de loop van 39 dagen negatieve prijzen genoteerd gedurende 1 of meerdere kwartieren: februari (6 dagen), maart (8 dagen), april (4 dagen), mei (1 dag), juni (4 dagen), juli (8 dagen), augustus (5 dagen), september (1 dag), oktober (1 dag) (zie [www.elia.be](http://www.elia.be)).



resultaten van deze workshop. In de samenvatting (3.7) bespreken we nog kort de belangrijkste aandachtspunten die door de deelnemers aan de workshop naar voren gebracht werden.

## 3.1 Gebouwde omgeving

### 3.1.1 Energiebesparing door gedragsverandering en ruimtelijke ordening

#### 3.1.1.1 Toepassingspotentieel

Het toepassingspotentieel van gedragsverandering voor energiebesparing in de gebouwde omgeving is weergegeven in onderstaande tabel. Merk op dat slim aansturen van huishoudapparaten besproken wordt in de sectie 3.1.5. Het potentieel is eveneens afhankelijk van de isolatiegraad van de woning, hoe beter de isolatie, hoe minder de extra toegevoegde waarde van gedragsverandering in verwarming/koeling. Wat de ruimtelijke planning betreft is het voornemen in het beleidsplan ruimte Vlaanderen<sup>138</sup> om na 2040 geen bijkomend ruimtebeslag meer toe te staan en zelfs bebouwing in open ruimte te verwijderen. Dit heeft tot gevolg dat de ontwikkeling van nieuwe woningen, werkplekken en voorzieningen meer en meer moeten gebeuren op goed gelegen locaties in steden en dorpen. Dit kan door middel van beperkte ingrepen zoals het opsplitsen van grote woningen of kavels, of door het kiezen voor hoogbouw om een sterke verdichting te realiseren.

tabel 24: toepassingspotentieel voor gedragsverandering in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Warmte- en koelvraag</b>	De gemiddelde binnentemperatuur in gebouwen wordt op 18°C gehouden, de vraag naar warm water per huishouden daalt met 20% in 2050 en 20% van de Vlaamse huishoudens gebruikt effectief airconditioning in 2050.
<b>Ruimtelijke planning</b>	Aandeel van 60% appartementen/flats bij nieuwbouw in 2050 door toename verstedelijking. Dit impliceert een procentuele afname van het aantal alleenstaande woningen en een evolutie naar kleinere woningen.
<b>Elektriciteitsvraag als gevolg gebruik apparaten en verlichting</b>	Een afname in elektriciteitsgebruik per gezin van ongeveer -20% tegen 2050.

#### 3.1.1.2 Duurzaamheidsimpact

Toepassing van het bovenvermelde potentieel levert een potentiële energiebesparing op van 25 TWh (of 21% t.o.v. het referentiescenario in de Roadmap-studie) bij verwarming en koeling van gebouwen, en 11 TWh (of 18% t.o.v. het referentiescenario in de Roadmap-studie) op de elektriciteitsvraag als gevolg van het gebruik van apparaten en verlichting. Dit levert een totaal potentieel tot vermindering van de uitstoot van CO<sub>2</sub> op van ongeveer 8 Mton in 2050 in België (t.o.v. het referentiescenario in de Roadmap-studie). Vertaald naar Vlaanderen (volgens de verdeelsleutel van 56% van de Belgische huishoudens in Vlaanderen) levert dit een potentieel van ongeveer 4,5 Mton.

<sup>138</sup> <https://www.ruimtevlaanderen.be/BRV>, geraadpleegd op 20/12/2017.

tabel 25: duurzaamheidsimpact van de toepassing van verschillende maatregelen i.v.m. gedragsverandering in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Warmte- en koelvraag</b>	6 Mton CO <sub>2</sub> besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 29% op de uitstoot van gebouwen (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 3,3 Mton.
<b>Ruimtelijke planning</b>	1 Mton CO <sub>2</sub> besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 5% op de uitstoot van gebouwen (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 0,6 Mton.
<b>Elektriciteitsvraag als gevolg gebruik apparaten en verlichting</b>	1 Mton CO <sub>2</sub> besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 5% op de uitstoot van gebouwen (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 0,6 Mton.

Energiebesparing heeft uiteraard ook een gunstige invloed op andere milieu-impacts. De precieze impact is afhankelijk van de herkomst van de uitgespaarde energie. In het geval van stookolie en vaste brandstoffen gaat het om luchtpolluenten zoals SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PAKs, dioxines, enzovoort.

### 3.1.1.3 Haalbaarheid

Vooral het uitfaseren van energie-inefficiënte verlichting heeft een erg snelle terugverdientijd gezien de beperkte kost van de lampen zelf (~5€ voor een 2W LED lamp, vs. ~1,5€ voor een equivalente 25W gloeilamp). Een aantal andere kosten voor huishoudapparaten worden gemaakt wanneer oude apparaten versleten zijn en vragen dus slechts een beperkte extra investering van de gebruiker. Andere gedrags-evoluties, zoals een verhoogd bewustzijn van de consument en het punctueel uitschakelen van de verwarming bij afwezigheid, vragen helemaal geen investering, maar kunnen wel botsen op gebrekkige motivaties of attitudes.

## 3.1.2 Energiebesparing door energie-efficiëntie

### 3.1.2.1 Toepassingspotentieel

tabel 26: toepassingspotentieel voor energiebesparing door energie-efficiëntie in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2030	Potentieel in 2050
<b>Renovatiegraad bestaande woningen</b>		De residentiële woningen bereiken een warmtevraag van 60kWh/m <sup>2</sup> (lage energie woning) in 2050.
<b>Renovatiesnelheid bestaande woningen</b>	De renovatiesnelheid verdubbelt naar 2% per jaar.	idem
<b>Netto energiebehoefte nieuwe woningen</b>	Vanaf 2030 voldoen nieuwe woningen aan de passiefstandaard (15kWh/m <sup>2</sup> warmtevraag)	idem
<b>Gebouwen dienstensector</b>		Reductie van de warmtevraag per eenheid toegevoegde waarde met 55% t.o.v. 2010

In de Roadmap-studie wordt energiebesparing op niveau van de gebouwschil bepaald door zowel de renovatiegraad en -snelheid van het bestaande gebouwenpark, als door de netto energiebehoefte (NEB) van nieuwe gebouwen (warmtevraag). Het potentieel van deze pijlers – conform de Roadmap-studie – lichten we in onderstaande tabel toe. Gezien in deze studie, alsook in de Roadmap-studie, een vergaande emissiereductie wordt nagestreefd, zijn onderstaande potentiëlen dan ook scherper dan het huidige beleid (bv. passiefnorm in 2030 voor nieuwbouw).

### 3.1.2.2 Duurzaamheidsimpact

Toepassing van het bovenvermelde potentieel levert een totaal potentieel tot vermindering van de uitstoot van CO<sub>2</sub> op van ongeveer 9 Mton in 2050 in België (t.o.v. het referentiescenario in de Roadmap-studie). Vertaald naar Vlaanderen (volgens de verdeelsleutel van 56% van de Belgische huishoudens in Vlaanderen) levert dit een potentieel van ongeveer 5 Mton. De impact op de uitstoot van luchtpolluenten is afhankelijk van de gebruikte brandstof voor productie van warmte en/of elektriciteit.

tabel 27: duurzaamheidsimpact van de toepassing van verschillende maatregelen i.v.m. energie-efficiëntie in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Renovatie en nieuwbouw residentiële sector</b>	6 Mton CO <sub>2</sub> besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 29% op uitstoot van gebouwen t.o.v. REF (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 3,4 Mton.
<b>Reductie warmtevraag gebouwen dienstensector</b>	3 Mton CO <sub>2</sub> besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 15% op uitstoot van gebouwen t.o.v. REF (huishoudens en dienstensector). Geschatte besparing in Vlaanderen van 1,6 Mton.

### 3.1.2.3 Haalbaarheid

De investeringskost voor renovatie tot op het niveau ‘lage energie’ (60 kWh/m<sup>2</sup>) bedraagt tussen 140 euro tot 278 euro<sub>2010</sub> per m<sup>2</sup> verwarmd vloeroppervlakte (gegevens uit Roadmap-studie). De investeringskost voor een nieuwbouw ‘passiefstandaard’ (15 kWh/m<sup>2</sup>) uitgedrukt in meerkost t.o.v. een huidige woning bedraagt ongeveer 22 euro tot 130 euro<sub>2010</sub> per m<sup>2</sup> verwarmd vloeroppervlakte (Roadmap-studie ). Bijkomend kan een verbetering in woningkwaliteit/comfortgevoel gepaard gaan met energie-efficiëntie maatregelen.

## 3.1.3 Decentrale warmteproductie

### 3.1.3.1 Toepassingspotentieel

In de roadmap-studie werd (op basis van sectoroverleg) ervan uitgegaan dat 60% van de verwarmingsinstallaties in 2050 elektrisch zou zijn (op basis van warmtepompen); van de overblijvende 40% van de gebouwen zou 1/3<sup>e</sup> door een warmtenet (cf. sectie 3.5.1) gevoed worden (dus ongeveer 12% van de gebouwen in 2050). Micro-WKK zou slechts een zeer beperkte toepassing kennen, terwijl pellet kachels 3,6% van het gebouwenpark zouden verwarmen. De overblijvende gebouwen (ongeveer 24%) zouden gebruik maken van gasverwarming.



tabel 28: toepassingspotentieel voor decentrale warmteproductie in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
Warmtepompen (elektrisch aangedreven)	60% van het gebouwenpark in België
Micro-WKK	<1% van het gebouwenpark in België
Biomassa installaties (pellet ketel)	3,6% van het gebouwenpark in België

### 3.1.3.2 Duurzaamheidsimpact

Elektrificatie van de warmtevraag kan een belangrijke BKG besparing met zich meebrengen, uiteraard afhankelijk van de elektriciteitsproductie. Micro-WKK kende de voorbije jaren niet echt een grote doorbraak. Richting 2050 wordt ook geen grote rol voor deze technologie voorspeld, aangezien de afhankelijkheid van natuurlijk gas drastisch moet verminderd worden. Biomassa kan een oplossing bieden, uiteraard beperkt door het aanbod van duurzame biomassa. Belangrijk hierbij is dat een aantal andere pollutanten zoals fijn stof, PAKs, dioxines, enz. drastisch kunnen toenemen bij een overschakeling naar biomassa bronnen.

tabel 29: duurzaamheidsimpact van decentrale warmteproductie in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
Meer elektrificatie (warmtepompen)	8 Mton CO <sub>2</sub> besparing in 2050 t.o.v. het referentiescenario (België); oftewel 6% op totale uitstoot BKG-uitstoot in België t.o.v. REF (alle sectoren, incl. elektriciteitsproductie). Geschatte besparing in Vlaanderen van 4,5 Mton.
Hogere inzet micro-WKK	Aangezien het scenario waarbij men 80% reductie in BKG nastreeft in België niet massaal op natuurlijk gas kan verwarmd worden, is het potentieel van deze technologie enigszins beperkt.
Biomassa installaties (pellet ketel)	Duurzaamheidsimpact afhankelijk van herkomst biomassa bron, belangrijke bedenkingen m.b.t. fijn stof uitstoot.

### 3.1.3.3 Haalbaarheid

Volgende investeringskosten ('Capital Expenditures' of CAPEX) gelden volgens de Roadmap-studie:

- CAPEX luchtwarmtepomp: 9000 – 12600 euro<sub>2010</sub> per huishouden;
- CAPEX grond warmtepomp: 14000 euro<sub>2010</sub> per huishouden;
- CAPEX pellet ketel: 9125 – 13185 euro<sub>2010</sub> per huishouden;
- CAPEX micro-WKK: 6234 – 12468 euro<sub>2010</sub> per huishouden.

Ter vergelijking: de kost van een condenserende gasketel (20 kW) werd in de Roadmap-studie ingeschat tussen 4150 en 5099 euro<sub>2010</sub> per huishouden.

## 3.1.4 Decentrale elektriciteitsproductie (prosumenten)

### 3.1.4.1 Toepassingspotentieel

Het potentieel voor zonnepanelen in Vlaanderen is technisch gesproken enorm groot. Op basis van de zonnekaart Vlaanderen wordt dit ingeschat op 72 GW (goed voor een productie van 64,6 TWh)<sup>139</sup>. Dit potentieel gaat uit van de veronderstelling dat al de ideale en goed georiënteerde dakoppervlakte voor PV

<sup>139</sup> [https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/documenten/informatie-vlaanderen/producten/BVK/documenten/Meer\\_infoZonnekaart\\_2017.pdf](https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/documenten/informatie-vlaanderen/producten/BVK/documenten/Meer_infoZonnekaart_2017.pdf)

ook effectief wordt benut. Daarnaast is er ook nog een aanzienlijk potentieel op (spoor)wegbermen. Volgens interne VITO berekeningen kan met behulp van instelbare injectielimieten en koppeling met batterij-opslag om pieken af te vlakken 50 GW (goed voor een productie van 44,9 TWh) geïnstalleerde capaciteit in het elektrische netwerk geïntegreerd worden. Het technisch-economische toepassingspotentieel van PV in Vlaanderen wordt dus zeer hoog ingeschat, en vormt geen limiterende factor. Het ritme waaraan dit potentieel gerealiseerd wordt is afhankelijk van het investeringsgedrag van eindgebruikers. We gaan uit van de veronderstelling dat de geïnstalleerde capaciteit in 2030 groeit tot 7 GW (6,3 TWh productie), en in 2050 tot 17 GW (15,2 TWh productie) (er wordt dus verondersteld dat vanaf 2018 er jaarlijks gemiddeld een PV-capaciteit van 460 MW wordt aangelegd).

tabel 30: toepassingspotentieel voor PV-systemen in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2030	Potentieel in 2050
Huidige technologie	7 GW (6,3 TWh)	17 GW (15,2 TWh) (72 GW technisch potentieel)

### 3.1.4.2 Duurzaamheidsimpact

Ervan uitgaand dat het bijkomend potentieel aan fotovoltaïsche systemen (14,5 GW) de bijkomende bouw van moderne gascentrales vervangt (met een uitstoot van ~400 g CO<sub>2</sub>/kWh) komen we uit op een potentiële BKG besparing van 5,2 Mton voor Vlaanderen (rekening houdend met een beschikbaarheid van 897 uur/jaar). Het gebruik van zonnepanelen stoot uiteraard geen luchtpolluenten uit. De productie van silicium voor de kristallijne cellen is echter een energie-intensief proces. Volgens de Organisatie voor Duurzame Energie (ODE) bedraagt de energetische terugverdientijd voor de volledige PV-installatie momenteel ongeveer 3 jaar<sup>140</sup>. Afhankelijk van de gebruikte energiebron kan luchtpollutie het gevolg zijn.

tabel 31: duurzaamheidsimpact van PV-systemen in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
Huidige technologie	5,2 Mton CO <sub>2</sub> besparing in 2050 Indirecte emissies als gevolg van de (energie-intensieve) productie van PV-panelen

### 3.1.4.3 Haalbaarheid

Voor wat de betaalbaarheid betreft baseren we ons op gegevens uit het Belgische TIMES-energiemodel. Het Belgische TIMES-model gaat uit van volgende kosten in 2015 (CAPEX=investeringskost; OPEX=operationele kost): CAPEX 1000 euro/kW, OPEX 46 euro/kW per jaar.

En in 2030: CAPEX 800 euro/kW, OPEX 46 euro/kW per jaar.

De OPEX representeren de kost voor de aansluiting van de PV-installatie en voor de eenmalige vervanging van de omvormer gedurende de levensduur (25 jaar) van de zonnepanelen. Uitgedrukt in 'levelised cost of electricity' LCOE (dit is de totale productiekost van 1 MWh elektriciteit) wordt er dus gerekend op een productiekost van ongeveer 150 euro/MWh nu, en 130 euro/MWh in 2030 voor residentiële systemen; en ongeveer 130 euro/MWh nu, en 105 euro/MWh in 2030 voor systemen geïnstalleerd in de tertiaire sector (ter vergelijking: een moderne gascentrale heeft een LCOE van ongeveer 50 euro/MWh). Hierbij moet echter opgemerkt worden dat de elektriciteitsprijs voor gezinnen en KMOs op de elektriciteitsmarkt bepaald wordt op basis van de marginale productiekost van de laatste centrale in de 'merit order', en dat

<sup>140</sup> <https://www.ode.be/zonnestroom/waar-of-niet-waar>, geraadpleegd op 20/12/2017.



de pure productiekost van elektriciteit bovendien slechts ongeveer 1/3<sup>e</sup> van de betaalde prijs per kWh uitmaakt (de overige 2/3<sup>e</sup> wordt bepaald door transmissie- en distributiekosten, openbare dienstverplichtingen en taksen en heffingen). Ondanks de relatief hoge LCOE van PV-systemen zijn deze systemen toch rendabel omdat ze het gebruik van elektriciteit aan een hoog tarief vermijden.

De PV-technologie wordt maatschappelijk ondersteund als belangrijke component van een groen energiesysteem. Eventuele maatschappelijke weerstand kan ontstaan bij een ongelijke verdeling van de kosten en baten van de installatie van PV-panelen (bv. problemen met over subsidiëring uit het verleden).

### 3.1.5 Afstemming van energievraag op -aanbod

#### 3.1.5.1 Toepassingspotentieel

De toepassing van flexibel energiegedrag zal nauw samenhangen met de nood aan flexibiliteit op de energiemarkten, en bijgevolg de uitbouw van de nodige infrastructuur (bv. slimme meters) en ‘incentives’ voor het leveren van flexibiliteit. Op de middellange termijn (2030) is het potentieel voor de meeste toepassingen daarom onzeker, maar op de lange termijn (2050) waar het gebruik van warmtepompen, elektrische voertuigen, PV enzovoort wellicht volledig ingeburgerd geraakt wordt de noodzaak aan flexibel energiegedrag ook groot. Niet voor alle apparaten is een slimme aansturing wenselijk, bijvoorbeeld Tv’s, koffiezet, verlichting, enzovoort.

tabel 32: toepassingspotentieel voor de afstemming van energievraag op -aanbod in de gebouwde omgeving

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2030	Potentieel in 2050
Energieconsumptie monitoring en feedback (diverse systemen)	onzeker	100% ingeburgerd
Slimme apparaten	onzeker	maximaal ingeburgerd voor de gepaste en meest verbruikende apparaten
‘Vehicle-to-grid’ voor elektrische voertuigen	eerste toepassingen	100% van de elektrische wagens uitgerust met deze technologie

#### 3.1.5.2 Duurzaamheidsimpact

Al deze mogelijke oplossingen langs de kant van de eindgebruiker zijn een hefboom om meer hernieuwbare energie in het systeem te integreren en dus op indirecte wijze de broeikasgas uitstoot te reduceren. De specifieke besparing aan broeikasgassen is dus volledig afhankelijk van de marktcontext, en in het bijzonder de integratie van hernieuwbare energiebronnen. Het feit dat datacenters en het slim aansturen van apparaten ook energie verbruikt is een factor die ook in rekening moet genomen worden bij een concrete berekening van de duurzaamheidsimpact van deze oplossingen. De impact op de uitstoot van luchtpolluenten is eveneens indirect positief door het bevorderen van de integratie van hernieuwbare energie (zonne- en windenergie).

#### 3.1.5.3 Haalbaarheid

De betaalbaarheid van de verschillende opties hangt in sterke mate af van de marktomgeving (bv. aggregatoren als nieuwe spelers op de markt die het aanbod aan flexibiliteit van vele huishoudens en KMOs vermarkten) en de ‘incentives’ (bv. nieuwe vormen van tarifiering, hervorming van distributienettarieven) die gegeven worden om flexibel energiegedrag te stimuleren. Het is onmogelijk om algemene uitspraken te doen. Elke eindgebruiker zal individueel een afweging maken m.b.t. de betaalbaarheid van verschillende



opties voor de eigen situatie, en de mogelijke voordelen (bv. op het gebied van comfort, controle van apparaten, lagere energiefactuur, enz.) afwegen tegen mogelijke nadelen (bv. overwegingen m.b.t. privacy, complexiteit, enz.)

## 3.2 Transport

### 3.2.1 Energiebesparing door gedragsverandering

#### 3.2.1.1 Toepassingspotentieel

De drijfveren achter het energieverbruik en emissies door transport zijn de bevolkingsgroei, de evolutie van personenvervoer en hoeveelheid getransporteerde goederen. Tevens spelen de modale verdeling en technologische keuze voor elke transportmodus een rol in het uiteindelijke energieverbruik. Transport is bovendien niet beperkt tot lokale activiteiten. Meer nog, België speelt een belangrijke rol in het Europese en internationale transportsysteem, waarin het dichte transportnetwerk een troef blijkt in de ontwikkeling van logistieke activiteiten. Hierdoor zal het een uitdaging worden om de transportvraag in te reduceren zonder de economische activiteit in te perken. Interregionale en internationale samenwerkingen zullen nodig zijn om een optimaal en coherent transportbeleid uit te werken.

In het CORE-scenario uit de Roadmap-studie wordt uitgegaan van een daling van 10% in de transportvraag per persoon (personenkilometers) in 2050 ten opzichte van 2010, in vergelijking met een stijging van 20% in het REF-scenario. Voor goederenvervoer wordt in het CORE-scenario uitgegaan van een stijging van de transportvraag met 20% tussen 2010 en 2050, in vergelijking met een stijging van 60% in het REF-scenario. Daarnaast stijgt de bezettingsgraad van auto's met 10% in het CORE-scenario, terwijl in het REF-scenario een daling verondersteld wordt – een evolutie die in lijn ligt met de lange termijn voorspellingen van het Federaal Planbureau bij ongewijzigd beleid. Bovendien verschuift de modale verdeling binnen het CORE-scenario van de Roadmap-studie van individuele modi (personenwagens, vrachtwagens) naar collectief vervoer (bussen, treinen). tabel 33 vat de potentieel inschattingen voor 2050 samen (CORE-scenario t.o.v. REF-scenario).

tabel 33: toepassingspotentieel voor gedragsverandering in de transportsector

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Mogelijke oplossingen in personenvervoer</b>	De transportvraag daalt tussen 2010 en 2050 met 10% t.o.v. van een stijging van 20%. De bezettingsgraad van auto's stijgt met 10% t.o.v. een daling van 5%. De bezettingsgraad van bussen stijgt met 33% en van treinen met 25% t.o.v. 10%. De modal split bestaat uit 4,5% trage modi (t.o.v. 3%), 20,5% bus (t.o.v. 13%), 10% trein (t.o.v. 7%) en 65% auto (t.o.v. 77%).
<b>Mogelijke oplossingen in goederenvervoer</b>	De transportvraag stijgt tussen 2010 en 2050 met 20% t.o.v. 60%. De modal split bestaat uit 65% vrachtwagens (t.o.v. 75%), 15% spoor (t.o.v. 12%) en 20% binnenvaart (t.o.v. 13%).

### 3.2.1.2 Duurzaamheidsimpact

In de Roadmap-studie zien we een stijging van 39% in de transportvraag in 2050 ten opzichte van 2010 in het REF-scenario, voornamelijk te wijten aan een sterke stijging van de transportvraag per persoon (gelinkt met de bevolkingsgroei). In het CORE-scenario stijgt de transportvraag echter beperkt (met 4%). Bovendien zorgt de verschuiving naar alternatieve modi voor een daling van het aandeel voertuigkilometers afgelegd met personenwagens van 77% in het REF-scenario naar 65% in het CORE-scenario. Het potentieel voor reductie van BKG van deze daling in de transportvraag bedraagt hierdoor 12 Mton in België, of 7 Mton in Vlaanderen (op basis van 58,4% van de voertuigkilometers afgelegd in Vlaanderen). Een reductie van het aantal gereden kilometers leidt eveneens tot een verbetering van de emissies van luchtpolluenten (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> en in mindere mate ook fijn stof), andere milieu-impacts en negatieve gevolgen (zoals congestie) van een hoge aantal afgelegde voertuigkilometers.

tabel 34: duurzaamheidsimpact van gedragsverandering in de transportsector

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
Gedragsverandering in transport: reductie mobiliteitsvraag, modale verschuiving en verhoging bezettings- en beladingsgraden	12 Mton CO <sub>2</sub> besparing in België. Geschatte besparing in Vlaanderen van 7 Mton.

### 3.2.1.3 Haalbaarheid

De transportsector wordt voornamelijk aangedreven op een globaal niveau. Toch zijn ook op Belgisch niveau een set maatregelen, interventies, investeringen, ondersteuning en gedragsveranderingen noodzakelijk om reducties in de transportsector mogelijk te maken. Wijzigingen in de ruimtelijke planning (bv. verdichting van kernen en verandering in landgebruik) zullen op verschillende beslissingsniveaus geïntegreerd moeten worden, en in nauw overleg met aangrenzende regio's. Daarnaast zullen levensstijlwijzigingen hand in hand gaan met infrastructurele en aanvullende maatregelen om de verschuiving naar alternatieve transportmodi en een hogere bezettingsgraad te bewerkstelligen. Verder inzicht in organisationele en psychologische barrières en training van professionals en ontwikkeling van competenties zijn vereist om de vooropgestelde wijzigingen te kunnen verwezenlijken.

## 3.2.2 Verduurzaming van de energievraag en energie-efficiëntie

### 3.2.2.1 Toepassingspotentieel

Waar in het REF-scenario van de Roadmap-studie veronderstelt dat verbrandingsmotoren de personenwagenvloot zullen blijven domineren, gaat het CORE-scenario uit van een grotere penetratie van elektrische voertuigen in deze vloot. In het CORE-scenario zal slechts 20% van de personenwagens in 2050 een interne verbrandingsmotor bevatten. En ook de bus vloot volgt een gelijkaardige evolutie. Na 2050 zal de daling van verbrandingsmotoren in de vloot verdergezet worden. Daarnaast zal een vergroening plaats vinden in de vrachtwagenvloot door de inzet van CNG en elektrische trucks. Bovendien veronderstelt het CORE-scenario een grotere stijging van de energie-efficiëntie voor alle modi ten opzichte van het REF-scenario. Tabel 35 vat de potentieel inschattingen voor 2050 samen (CORE-scenario t.o.v. REF-scenario).



tabel 35: toepassingspotentieel voor verduurzaming van de energievraag in de transportsector

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Mogelijke oplossingen in personenvervoer</b>	Energie-efficiëntieverbetering van 45% voor verbrandingsmotoren (t.o.v. 19%). 45-50% voor plug-in hybriden (t.o.v. 30%), 50% voor elektrische personenwagens (t.o.v. 30%). Energie-efficiëntieverbetering van 25% voor bussen (t.o.v. 15%). Energie-efficiëntieverbetering van 30% voor dieseltreinen (t.o.v. 10%) en van 25% voor elektrische treinen (t.o.v. 10%). Technologiemix van 33% plug-in hybriden (t.o.v. 20%), 39% elektrisch (t.o.v. 5%) en 9% waterstof ( t.o.v. 0%) voor personenwagens. Technologiemix van 40% plug-in hybriden (t.o.v. 20%), 22% elektrisch (t.o.v. 10%) en 3% waterstof ( t.o.v. 0%) voor bussen.
<b>Mogelijke oplossingen in goederenvervoer</b>	Energie-efficiëntieverbetering van 25% voor vrachtwagens (t.o.v. 10%). Energie-efficiëntieverbetering van 30% voor dieseltreinen (t.o.v. 10%) en van 25% voor elektrische treinen (t.o.v. 10%). Technologiemix van 52% diesel (hybride) (t.o.v. 90%), 38% CNG (t.o.v. 10%) en 10% elektrische trucks (t.o.v. 0%). Technologiemix van 45% diesel (t.o.v. 45%) en 55% elektrische treinen (t.o.v. 55%).

### 3.2.2.2 Duurzaamheidsimpact

Het CORE-scenario van de Roadmap-studie voorziet een doorgedreven verschuiving naar elektrisch transport tegen 2050. Door deze elektrificatie verbetert de energie-efficiëntie van de transportsector aanzienlijk. Echter, de uiteindelijke BKG-besparing van deze elektrificatie van de voertuigenvloot zal in grote mate bepaald worden door de energiemix gebruikt voor de centrale elektriciteitsproductie. Het potentieel voor reductie van BKG van deze daling in de transportvraag bedraagt hierdoor 15,7 Mton in België, of 9,2 Mton in Vlaanderen (op basis van 58,4% van de voertuigkilometers afgelegd in Vlaanderen).

Voor luchtpolluenten op lokale schaal, veroorzaakt de vooropgestelde innovatie sowieso een aanzienlijke verbetering van de emissies, voor bijvoorbeeld NO<sub>x</sub> en NO<sub>2</sub>. Ter vergelijking: in 2030 stoot de gemiddelde nieuwe personenwagen (in een Vlaams referentiescenario) ongeveer 90 mg NO<sub>x</sub>/km uit, terwijl elektrische voertuigen geen NO<sub>x</sub>-uitstoot genereren. Voor fijn stof is de reductie gering, aangezien ook bij meest recente, conventionele voertuigen de niet-uitlaatemissies het grootste aandeel uitmaken van de totale fijn stofemissies. Elektrisch aangedreven voertuigen brengen immers ook fijn stof emissies teweeg door slijtage van banden, remmen en wegdek en ten gevolge van resuspensie.

tabel 36: duurzaamheidsimpact van verduurzaming van de energievraag in de transportsector

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Doorgedreven vergroening vloot wegtransport</b>	±15,7 Mton CO <sub>2</sub> (België) in 2050 t.o.v. REF-scenario. Geschatte besparing in Vlaanderen van 9,2 Mton. Aanzienlijke verbetering in de uitstoot van luchtpolluenten. Effect in de uitstoot van fijn stof minder uitgesproken.



### 3.2.2.3 Haalbaarheid

De transportsector wordt voornamelijk aangedreven op een globaal niveau. Dit is voornamelijk het geval voor voertuigproductie, beschikbaarheid en gebruik van duurzame biobrandstoffen en de ontwikkeling van intelligente transport systemen, die de energie-efficiëntie beïnvloeden. Samenwerking/afstemming met dit globale niveau is bijgevolg belangrijk voor het halen van de vooropgestelde reducties. Daarnaast vereisen voertuigen met alternatieve aandrijftechnologie vaak specifieke laad- of tankinfrastructuur, zijn deze voertuigen duurder dan conventionele voertuigen en bestaat grote onzekerheid over de evolutie van de kosten in de toekomst. Momenteel zijn elektrische voertuigen bovendien beperkt in hun actieradius, wat de uitrol ervan voor lange afstandstransport verhindert.

## 3.3 Industrie

### 3.3.1 Industrieel weefsel

De vraag hoe ons industrieel weefsel zich de komende decennia zal ontwikkelen is omwille van de wisselwerking met het energiesysteem bijzonder relevant<sup>141</sup>. Volgens sommigen zal onze economie evolueren naar een niche-economie, die zich toelegt op hoogwaardige, marktgerichte productie. In die visie verschuift het meest energie-intensieve deel van de huidige industriële productie wellicht naar andere regio's in de wereld. In dat scenario zou de energievraag van de industrie in Vlaanderen kwalitatief en kwantitatief grondig veranderen. Anderen zijn dan weer van oordeel dat de tegenstelling tussen niche-economie en basis-economie een valse tegenstelling is. Het vertrek van de basisindustrie zou daarbij ook de productie van hoogwaardige goederen, die ermee verbonden is, onder druk zetten en het geheel van de economie in een neerwaartse spiraal brengen. Omgekeerd verankert de productie van hoogwaardige producten ook de basisindustrie in onze regio. Tevens wijzen vertegenwoordigers van de energie-intensieve industrie erop dat een verplaatsing van de industriële productie naar andere regio's geen oplossing vormt voor het mondiale klimaatprobleem – integendeel zelfs, vermits de productie in die regio's minder energie-efficiënt is. Het is uiteraard koffiedik kijken welke van deze visies (of tussenvormen) het industriële weefsel in 2050 zullen bepalen. Van doorslaggevend belang hierbij is ook het gevoerde industriële beleid. Vlaanderen wil sterk inzetten op de zogenaamde "industrie 4.0" (Visienota Vlaanderen 2050). Industrie 4.0 is een verzamelnaam voor nieuwe technologieën en concepten binnen de kennis- en maakeconomie. Het verwijst in het bijzonder ook naar de doorgedreven digitalisering van de industrie die momenteel plaatsvindt. De ambitie is om voor de Vlaamse economie als gespecialiseerde kennis- en maakeconomie een sterke positie in te nemen in de nieuwe mondiale economie. De visienota vermeldt eveneens een sterke link met ontwikkelingen die leiden tot een efficiënter gebruik van materialen en energie, en met de circulaire economie.

Voor sommige industriële sectoren is het mogelijk dat in een koolstofarme economie de vraag naar hun producten wijzigt, en zich dus – in het geval van een dalende vraag – een heroriëntatie opdringt. Tevens kan het zo zijn dat de vraag naar bepaalde producten in een koolstofarme economie net verhoogt. Zo wijst de Europese federatie van de chemische industrie (CEFIC) erop dat naar haar mening de productie van de chemische sector moet stijgen om aan de vraag naar bv. isolatiemateriaal en lichtgewicht materialen in een koolstofarme economie te voldoen.

---

<sup>141</sup> Deze paragraaf is gebaseerd op het ARGUS-rapport "Energie voor Morgen" (uitgegeven door Lannoo) uit 2014. In het kader van dit rapport werd een brede lijst van stakeholders geconsulteerd.

Verder is het in het kader van een koolstofarme economie van belang om de koolstofintensiteit van de industriële materialen en producten te verminderen. Algemeen gesproken kan dit door volgende strategieën:

- Vervangen van het materiaal of product door een ander materiaal met gelijkaardige functionaliteit maar een lagere ‘carbon footprint’ (op levenscyclusbasis). Basismaterialen zoals cement, hout of staal (die in vergelijking met andere materialen wereldwijd in veel grotere hoeveelheden geproduceerd worden) zullen echter moeilijk op grote schaal vervangen kunnen worden door alternatieven<sup>142</sup>.
- Verschuiving van verkoop van producten/materialen naar product-dienst combinaties (bv. autodelen i.p.v. individueel autobezit).
- Hergebruik en recyclage, met het circulaire economieconcept voor ogen (bv. recyclage van staal, batterijen, zonnepanelen, koolstofafvang en -hergebruik (CCU), enz.).
- Ontwikkelen van nieuwe, koolstofarme productieprocedures (bv. het Hisarne-proces in de staalsector).
- Verhogen van de energie-efficiëntie van bestaande productie.

Voor inschattingen m.b.t. toepassingspotentieel en impact op duurzaamheid van deze strategieën verwijzen we i.h.b. naar de secties 3.3.2 (ijzer- en staalproductie), 3.3.3 (chemie), 3.3.4 (overige industrie), 3.4.4 (koolstofafvang, -opslag en -hergebruik), 3.4.5 (productie van duurzame biomassa), en 3.4.6 (raffinaderijen).

### 3.3.2 IJzer- en staalproductie

#### 3.3.2.1 Toepassingspotentieel

In tabel 37 zijn de innovaties in de ijzer- en staalsector weergegeven. Een aantal van deze innovaties zijn erg ingrijpend en onderling in competitie (bv. afvangen van CO-gas voor bio-ethanol en Hisarne-proces). Elektrolyse van ijzer is een veelbelovende technologie die nog niet in de commerciële fase zit, de doorbraak ervan is moeilijk in te schatten naar 2050 toe.

tabel 37: toepassingspotentieel van mogelijke oplossingen in de ijzer- en staalsector

Mogelijke oplossing	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Switch naar EAF technologie voor secundair staal	Operationeel	Operationeel
‘Top gas recycling’: Afvang van hoogovengas, met scheiding van CO en CO <sub>2</sub> , herinjectie van CO en hergebruik of opslag van CO <sub>2</sub>	Operationeel op reductieproces	Operationeel op alle processen, of vervangen door volledig Hisarna proces of elektrolyse
Beperkte biomassa om poedersteenool te vervangen	Operationeel	Operationeel
Hisarne reductietechnologie	Operationeel	Operationeel
Afvang van CO gas voor bio-ethanol productie	Operationeel, maar af te wegen tegen Hisarne proces	Operationeel, af te wegen tegen Hisarne proces
Elektrolyse van ijzer	Demonstratieproject	Operationeel?
Directe reductie d.m.v. waterstof	Demonstratieproject	Operationeel?

<sup>142</sup> ARGUS rapport (2014). Energie voor morgen.

### 3.3.2.2 Duurzaamheidsimpact

De besparing op uitstoot van BKGs door EAF technologie is afhankelijk van de hoeveelheid staal die geproduceerd wordt met deze technologie. EAF technologie zal wellicht vooral toegepast worden in landen of regio's waar veel vraag is naar producten op basis van secundair staal (vooral bouwmaterialen), met name de groeilanden/regio's. De EU en de Verenigde Staten zijn momenteel netto-exporteurs van schroot. Vermits ArcelorMittal vooral staal van hoge kwaliteit produceert (dat met EAF technologie enkel op basis van schroot van hoge kwaliteit geproduceerd kan worden), veronderstellen we dat het toepassingspotentieel voor EAF in Vlaanderen beperkt is. Alles samen schatten we het potentieel voor BKG-besparing in 2050 op 75%, en zelfs 80% (directe reductie door waterstof) tot bijna 100% als de elektrolyse techniek competitief wordt in de markt (in de veronderstelling dat de gebruikte elektriciteit koolstofvrij is). De ijzer- en staalsector stootte in totaal 4,2 Mton CO<sub>2</sub> uit in 2015. Dit betekent dat er een reductiepotentieel is van ongeveer 3,2 Mton CO<sub>2</sub> in 2050.

Op gebied van luchtpolluenten en andere milieu-impact, worden convertorgassen on-site verbrand voor energietoepassingen. Momenteel wordt het hoogovengas (voornamelijk CO en CO<sub>2</sub>) verbrand voor energieopwekking, waarbij dus ook het CO wordt omgezet in CO<sub>2</sub>. Het meest vervuilende onderdeel van de primaire staalfabrikage is de cokesfabriek, die luchtmissies (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, naftaleen, ammoniumcomponenten, stof, enz.), vast afval (ijzerslakken) en wateremissies (afkoelen van cokes) genereert. Door de inzet van de Hisarna-technologie kunnen deze emissies vermeden worden.

tabel 38: Duurzaamheidsimpact van mogelijke oplossingen in ijzer- en staalsector

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050 (% BKG besparing t.o.v. huidig proces)
Switch naar EAF technologie voor secundair staal	Beperkt
'Top gas recycling', afvang van hoogovengas zonder/met carbon capture en opslag of hergebruik	20-54% zonder/met CCS of CCU
Vervanging houtskool door biomassa	13%
Hisarna technologie voor het smeltproces	35% - 69% (met/zonder afvang)
Ethanol production met het afgevangen CO gas	3-10%
Elektrolyse van ijzer	Tot 100%, afhankelijk van de elektriciteitsmix
Directe reductie d.m.v. waterstof	Tot 80%, afhankelijk van de elektriciteitsmix

### 3.3.2.3 Haalbaarheid

Het Hisarna proefproject in IJmuiden vergde 300M€ investering voor een productie van 60 000 ton vloeibaar ijzer per jaar (ter vergelijking: één hoogoven in IJmuiden produceert 10 000 ton vloeibaar ijzer per dag), indien de technologie naar de markt wordt gebracht kan deze kostprijs nog verminderen. Voor de kost van koolstofafvang en -opslag of -hergebruik, en ook in verband met de haalbaarheid van andere technologieën is meer overleg met de sector nodig. Ook hier is het belangrijk dat de doelstellingen op gebied van duurzaamheid afgewogen worden in een internationaal kader zodat de competitiviteit van de sector niet in het gedrang komt.



### 3.3.3 Chemie

#### 3.3.3.1 Toepassingspotentieel

In onderstaande tabel zijn de veronderstellingen voor toepassingspotentiëlen samengevat voor de belangrijkste technologische innovaties voor de chemische sector zoals die in de Roadmap-studie voor België werden aangenomen.

tabel 39: toepassingspotentieel van mogelijke oplossingen in de chemische sector

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2030	Potentieel in 2050 (% t.o.v. huidig proces)
Groene chemie voor alkenen	10% van grondstofinput	20% van grondstofinput
Algemene energie-efficiëntieverbetering aan de installaties (nieuwe katalysatoren, warmterecuperatie ...)	10%	20%
Vervanging kunstmeststof door organisch alternatief	5%	20%
Verbeteringen in installaties (specifiek voor ammoniakproductie)	6% efficiënter	12% efficiënter
Waterstof productie door elektrolyse	niet opgenomen in CORE-scenario van roadmap-studie, technisch mogelijk maar duur	niet opgenomen in CORE-scenario van roadmap-studie, technisch mogelijk maar duur
CCS toegepast op procesemissies	Voor alle sites die meer dan 1Mton CO <sub>2</sub> per jaar uitstoten	Voor alle sites die meer dan 1Mton CO <sub>2</sub> per jaar uitstoten

#### 3.3.3.2 Duurzaamheidsimpact

Toepassing van de bovenvermelde innovaties leidt volgens de Roadmap-studie voor België tot een BKG-emissiereductie van 54% tegen 2050 van de huidige emissies (waterstofproductie door elektrolyse wordt hierbij niet meegerekend wegens te duur). De CO<sub>2</sub>-uitstoot van de chemische sector in Vlaanderen (energetische + procesemissies) bedroeg 8,7 Mton in 2015<sup>143</sup>. De uitstoot van broeikasgassen drukken we procentueel uit omdat we geen uitspraak kunnen doen over de totale productie van de chemische sector in 2030 en 2050.

#### 3.3.3.3 Haalbaarheid

Meer overleg met de sector is nodig gezien de open economie in Vlaanderen. Evoluties kunnen hierdoor niet los gezien worden van wat er internationaal speelt. Volgens de inschattingen van de EU zal de CO<sub>2</sub> prijs evolueren richting 35 euro in 2030. Tegen deze CO<sub>2</sub>-prijs zullen radicale innovaties nog niet doordringen (bv. elektrolyse van waterstof). In dat opzicht is het belangrijk om de doelstellingen die op Vlaams niveau geformuleerd worden af te wegen in een internationaal kader.

<sup>143</sup> MIRA, Dynamische kernset milieudata, <https://www.milieurapport.be/milieudata>



### 3.3.4 Overige industrie (incl. voeding)

#### 3.3.4.1 Toepassingspotentieel

De inschatting van het toepassingspotentieel is moeilijk vermits afhankelijk van industriële site. Vermits industriële installaties doorgaans binnen dezelfde site erg geïntegreerd zijn (bv. gebruik van restwarmte of restproducten uit het ene proces in een ander proces) is het eenvoudigweg vervangen van één component van de geïntegreerde installatie vaak onmogelijk. Op de lange termijn (2050) kan misschien rekening gehouden worden met de vervanging van een volledige installatie. Voor de ‘overige industrie’ is het grootste deel van de energetische CO<sub>2</sub>-emissies afkomstig van warmte die nodig is op middelhoge temperatuur (MT: tussen 100 en 400°C) tot lage temperatuur (LT: < 100°C). Het MT energiegebruik in de industrie bedraagt 127 PJ, het LT energiegebruik bedraagt ongeveer 25 PJ<sup>144</sup>. Bij de processen op middel-hoge temperatuur is slechts een derde van de benodigde energie (ongeveer 42 PJ) afkomstig van de directe inzet van fossiele brandstoffen, maar indirect is dit meer. Iets minder dan de helft van de energiedragers voor de processen op lage temperatuur zijn immers ‘andere brandstoffen’, nevenstromen uit de chemie – vaak van fossiele oorsprong – die bijna allemaal als energiebron worden ingezet in de chemische industrie. Deze laten we hier dus buiten beschouwing voor het toepassingspotentieel in de ‘overige industrie’.

tabel 40: toepassingspotentieel voor algemene mogelijke oplossingen in de industrie

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
Energie-efficiëntie (incl. WKK)	30% van energievraag voor MT warmte
Omschakeling naar schonere brandstoffen OF	100% van gebruik fossiele brandstoffen voor MT en LT warmte
Elektrificatie van processen	100% van gebruik fossiele brandstoffen voor MT en LT warmte
Koolstof afvang en opslag (of hergebruik)	Afhankelijk van koolstofprijzen en grootte van de installatie; toepassing weinig waarschijnlijk op kleinere bronnen

#### 3.3.4.2 Duurzaamheidsimpact

In de veronderstelling dat de productie van MT en LT warmte vandaag overwegend op basis van aardgas gebeurt (t.o.v. met een uitstoot van 179 g CO<sub>2</sub>/kWh) bekommen we volgende reductiepotentiëlen:

- Energie-efficiëntie (voor MT en LT energiegebruik): ongeveer 1 Mton CO<sub>2</sub> in Vlaanderen;
- Ofwel de omschakeling naar schonere brandstoffen, ofwel elektrificatie (voor MT en LT energiegebruik): in beide gevallen gaan we ervan uit dat de warmteproductie volledig koolstofvrij kan gebeuren, bv. door de overschakeling naar groen gas of waterstof, gebruik van warmtepompen voor LT of hybride warmtepompen voor MT (momenteel in ontwikkeling), elektrische ovens, enz. Het reductiepotentieel bedraagt dan (na aftrek van de efficiëntiewinst) nog 2,3 Mton CO<sub>2</sub>.

tabel 41: duurzaamheidsimpact van algemene mogelijke oplossingen in de industrie

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050 (BKG besparing)
Energie-efficiëntie (incl. WKK)	1 Mton
Omschakeling naar schonere brandstoffen OF	2,3 Mton
Elektrificatie van processen	2,3 Mton

Bij een omschakeling naar biomassa dient men luchtpolluenten zoals NO<sub>x</sub> en fijn stof in rekening te nemen. In biogas kan onder andere een significante hoeveelheid CO en CO<sub>2</sub> voorkomen.

<sup>144</sup> MIRA systeembalans 2017 “Energiesysteem”, <https://www.milieurapport.be/publicaties/mira-systeembalans-2017-milieu-uitdagingen-voor-het-energie-mobiliteits-en-voedingssysteem-in-vlaanderen>

### 3.3.4.3 Haalbaarheid

De kosten zijn zeer afhankelijk van de situatie en overleg met de sector is aangewezen. We zien dat de WKK installaties deze tijd nog afhankelijk van subsidies om rendabel te zijn. Er zijn ook wel enkele WKKs die zonder subsidies draaien. Voor energie-efficiëntie maatregelen kent men vaak een positieve business case. De omschakeling naar schonere brandstoffen is ook de laatste jaren gestaag verdergezet, met onder andere een verschuiving van steenkool en olie-gebaseerde industriële verwarming naar gas. Koolstofafvang en -opslag is echter nog ver van een marktintegratie. Ook tegen 2050 is deze innovatie bij toepassingen op relatief kleine puntbronnen erg onzeker.

## 3.4 Centrale productie van elektriciteit

### 3.4.1 Onshore windenergie

#### 3.4.1.1 Toepassingspotentieel

Het toepassingspotentieel voor Vlaanderen wordt ingeschat in de studie “Hernieuwbare energieatlas Vlaamse gemeenten” van VITO voor verschillende scenario’s<sup>145</sup>.

- Het ‘technisch-theoretische potentieel’. Dit scenario vertrekt van gans Vlaanderen en sluit enkel ongeschikte gebieden (zoals residentiële zones voor windenergie) uit. Dit vormt altijd een overschatting van het werkelijk realiseerbare potentieel.
- Het ‘Ruimtelijk potentieel’ scenario vertrekt vanuit een andere benadering. In plaats van zich te baseren op het totale potentieel en dan de ongeschikte gebieden uit te sluiten, wordt gestart vanuit positieve randvoorwaarden. Voor windenergie zijn onder andere mogelijkheden langs bedrijven-terreinen en snelwegen.

De VITO studie identificeert een technisch-theoretisch potentieel van 31,4 GW aan grote turbines (met een gemiddelde grootte van 2,3 MW) en 19,7 GW kleine turbines (met een gemiddelde grootte van 0,3 MW). Het ruimtelijk potentieel sluit wellicht beter aan bij wat realistisch haalbaar is in het erg verstedelijkte Vlaanderen. Dit potentieel wordt voor alle onshore windenergie samen ingeschat op 4,4 - 4,8 GW (goed voor een productie van 9,2 - 10,1 TWh). We rekenen dit als het potentieel op lange termijn (2050). Dit potentieel houdt evenwel enkel rekening met ruimtelijke beperkingen maar bv. niet met economische haalbaarheid of maatschappelijk aanvaardbaarheid. Voor het potentieel op middellange termijn (2030) houden we rekening met het windplan 2020, wat de bouw veronderstelt van 205 MW onshore windenergie per jaar tot 2020. Als we deze trend doortrekken tot 2030 komen we uit op 3,6 GW (goed voor een productie van 7,5 TWh).

tabel 42: toepassingspotentieel van onshore windenergie

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2030	Potentieel in 2050
Onshore wind (totaal)	3,6 GW (7,5 TWh)	4,4 - 4,8 GW (9,2 - 10,1 TWh)

<sup>145</sup> [http://www.vlaamseklimaatop.be/sites/default/files/atoms/files/Hernieuwbare\\_atlas\\_Vlaamse\\_gemeenten\\_finaal\\_v20160921.pdf](http://www.vlaamseklimaatop.be/sites/default/files/atoms/files/Hernieuwbare_atlas_Vlaamse_gemeenten_finaal_v20160921.pdf)

### 3.4.1.2 Duurzaamheidsimpact

Ervan uitgaand dat het bijkomend potentieel aan onshore windenergie tussen nu en 2050 (3,5 - 3,9 GW) de bijkomende bouw van moderne gascentrales vervangt (met een uitstoot van ~400 g CO<sub>2</sub>/kWh) komen we uit op een potentiële BKG besparing van 2,9 - 3,3 Mton voor Vlaanderen (op basis van gemiddeld 2096 vollasturen). Vermits een moderne gascentrale een zeer lage uitstoot heeft van andere luchtpolluenten (NO<sub>x</sub> uitstoot << 25 PPM) biedt onshore windenergie hier geen significante verbetering.

tabel 43: duurzaamheidsimpact van onshore windenergie

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Onshore wind (totaal)</b>	2,9 - 3,3 Mton besparing op BKG uitstoot in 2050 Mogelijk negatieve impacts (op te vangen door goede ruimtelijke planning en vergunningsprocedures): verstoring van het landschap, geluidsoverlast, vogelsterfte

Mogelijk negatieve impacts van onshore windenergie worden veroorzaakt door:

- Verstoring van het landschap: Hoge windmolens zijn van veraf zichtbaar en volgens velen passen ze niet in het landschap. Verder maken omwoners soms bezwaar tegen de rode veiligheidsverlichting, die piloten van vliegtuigen en helikopters 's nachts waarschuwen voor de aanwezigheid van windturbines.
- Geluidsoverlast en slagschaduw van windmolens: Windmolens maken geluid en dat is mogelijk storend voor buurtbewoners. Bij laagstaande zon werpen de draaiende wieken bovendien een flikkerende slagschaduw over het landschap. Als er door de windrichting of de stand van de zon risico op hinder voor omwonenden bestaat, zijn exploitanten verplicht de windmolens (automatisch) stil te zetten.
- Windmolens veroorzaken vogelsterfte: Daarom is het belangrijk om bij de locatiekeuze van windmolens ook rekening te houden met vliegroutes van vogels.

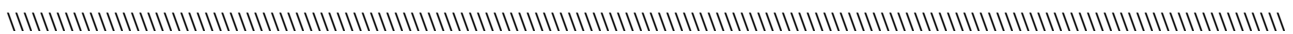
Dergelijke negatieve impacts dienen vermeden/opgevangen te worden door goede ruimtelijke planning en adequate vergunningsprocedures.

### 3.4.1.3 Haalbaarheid

Voor wat de betaalbaarheid van onshore windenergie betreft baseren we ons op data uit het Belgische TIMES energiemodel. Het Belgische TIMES-model gaat uit van volgende kosten in 2015 (CAPEX=investeringskost; OPEX=operationele kost): CAPEX 1200 euro/kW, OPEX 27 euro/kW jaar. Kosten in 2030 zijn: CAPEX 1050 euro/kW, OPEX 24 euro/kW jaar.

Uitgedrukt in LCOE ('levelised cost of electricity'), rekening houdend met een levensduur van 30 jaar, wordt er dus gerekend op een productiekost van ongeveer 62 euro/MWh in 2015, en 58 euro/MWh in 2030.

Wat de maatschappelijke haalbaarheid betreft krijgen windenergieprojecten soms af te rekenen met lokale weerstand. Dergelijke weerstand kan mogelijk ten dele opgevangen worden door burgers actief te betrekken bij het project, hetzij via burgerparticipatie aan de besluitvorming en vergunningsprocedure, hetzij door burgers effectief als 'stakeholders' financieel te betrekken bij het project (bv. via het oprichten van een coöperatieve).





Wat de maatschappelijke aanvaardbaarheid van offshore windenergie betreft is een belangrijk voordeel dat de turbines niet in de buurt van omwonenden geplaatst moeten worden en dus op minder publieke weerstand kunnen rekenen. Maatschappelijke weerstand kan mogelijk wel ontstaan bij over subsidiëring van offshore windmolenparken (toekennen van teveel steun in verhouding tot wat nodig is om een project levensvatbaar te maken).

### 3.4.3 Kernuitstap gedeeltelijk uitstellen

#### 3.4.3.1 Toepassingspotentieel

Het kernenergie-debat spitst zich vandaag vooral toe op de vraag om een gedeelte van de nucleaire capaciteit ook na 2025 operationeel te houden. Sommige actoren houden bv. een pleidooi om na 2025 2 GW aan nucleaire capaciteit uit de jongste kerncentrales (Doel 4 en Tihange 3) beschikbaar te houden. Volgens het Studiecentrum voor Kernenergie kan de levensduur van de oudste centrales (Doel 1 en 2, Tihange 1) in 2025 een tweede keer met tien jaar worden verlengd. Doel 4 en Tihange 3 zouden zelfs 80 jaar en langer elektriciteit kunnen opwekken. De deelnemers aan de expertworkshop vonden deze laatste optie echter weinig realistisch. Dit maakt dat het gedeeltelijk uitstellen van de kernuitstap (2 GW beschikbaar houden tot 2035, goed voor een productie van 14 TWh) essentieel een tijdelijke oplossing vormt en het nemen van de nodige structurele maatregelen slechts met 10 jaar uitstelt.

#### 3.4.3.2 Duurzaamheidsimpact

Ervan uitgaand dat de verlengde productie uit kernenergie (2 GW) de bijkomende bouw van moderne gascentrales vervangt (met een uitstoot van ~400 g CO<sub>2</sub>/kWh) komen we uit op een potentiële BKG besparing van 5,6 Mton voor België (rekening houdend met een beschikbaarheid van 80% voor oude kerncentrales). Vermits een moderne gascentrale een zeer lage uitstoot heeft van andere luchtpolluenten (NO<sub>x</sub> uitstoot << 25 PPM) biedt kernenergie op het gebied van uitstoot van luchtpolluenten geen significante verbetering. Hierbij moet evenwel nog opgemerkt worden dat het uitstellen van de kernuitstap een negatieve impact heeft op de groei van de hernieuwbare elektriciteitsvoorziening, en dat, vermits kernenergie onder het ETS-systeem valt, het uitstellen van de kernuitstap op EU-niveau geen impact zal hebben op verlaging van de BKG-uitstoot.

Verder wegen het risico op een grootschalig ongeval en de onzekerheid omtrent de oplossing voor (concept en financiering van) het hoogradioactief afval negatief op de duurzaamheidsimpact van kernenergie.

tabel 46: duurzaamheidsimpact van kernenergie

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2030
Levensduurverlenging (2 GW)	5,6 Mton tot 2030 Andere milieueffecten zijn negatief: het risico op een grootschalig ongeval; onzekerheid rond oplossing (concept en financiering van) hoogradioactief afval.



### 3.4.3.3 Haalbaarheid

Wat betaalbaarheid betreft gaat het Belgische TIMES-model gaat ervan uit dat een investering van 1000 euro/kW nodig is voor een levensduurverlenging van 10 jaar. Uitgedrukt in LCOE (rekening houdend met een gemiddelde beschikbaarheid van 80% op jaarbasis)<sup>146</sup> betekent dit een productiekost van 15 euro/MWh. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat het voordeel van deze lage productiekost slechts in zeer beperkte mate ten goede komt van de kleine stroomverbruikers. Onze stroommarkt is namelijk gekoppeld aan de buurlanden. Op die internationale markt bepalen niet de afgeschreven kerncentrales, maar wel de duurdere gas- en steenkoolcentrales de prijs van elektriciteit. Een aanzienlijk deel van de winst die uit een eventuele levensduurverlenging geput kan worden gaat bijgevolg de uitbater van de kerncentrales. Als enkele kerncentrales langer openblijven, kan de uitbater stroom produceren onder de marktprijs en zo volgens berekeningen van de netbeheerder ELIA 250-500 miljoen euro winst kan boeken per jaar.

Sommige deelnemers aan de expertworkshop achten de bouw van een nieuwe kerncentrale op dit moment weliswaar onhaalbaar, maar wensen wel de evoluties in het buitenland verder op te volgen en hier via innovatief onderzoek aan bij te dragen, onder voorwaarde dat dit onderzoek op termijn ook effectief voordelen oplevert voor Vlaanderen/België.

Volgens ramingen van NIRAS zou de nucleaire afvalberging (op een diepte van 200 m) 3,2 miljard euro kosten plus 360 miljoen kosten voor onderzoek en ontwikkeling. Als die denkpiste sneuvelt, moet er rekening worden gehouden met scenario's waarin het hoogradioactieve afval veel dieper opgeslagen moet worden. Volgens ramingen van NIRAS kost een berging op 400 meter diepte ongeveer 50% meer. Recent heeft het Federaal Planbureau berekend dat een verlengde nucleaire elektriciteitsopwekking weliswaar een neerwaartse impact heeft op de groothandelsprijzen op de elektriciteitsmarkt, maar bijgevolg ook een bijkomende hinderpaal kan betekenen voor de energietransitie. Lagere groothandelsprijzen belemmeren immers de opschaling van investeringen in hernieuwbare energiebronnen en in energie-efficiënte technologie.

Wat maatschappelijke aanvaardbaarheid betreft is de inzet van kernenergie het onderwerp van een gepolariseerd maatschappelijk en wetenschappelijk debat.

### 3.4.4 Koolstofopvang en -opslag of -hergebruik

#### 3.4.4.1 Toepassingspotentieel

In een studie in opdracht van LNE<sup>147</sup> werden volgende theoretische toepassingspotentiëlen voor de op dit moment meest veelbelovende CCU innovaties berekend:

- Omzetting CO<sub>2</sub> naar methanol: Indien de gehele methanol import van de Antwerpse Haven vervangen wordt door methanol uit 'power-to-methanol', is 420 kton/jaar CO<sub>2</sub> nodig voor de productie van 305 kton methanol/jaar. Dit zou < 1% van de wereldmarkt betekenen.

---

<sup>146</sup> Bij deze beschikbaarheid werd de leeftijd van de kerncentrales in rekening gebracht, naar schatting zouden de relatief oude centrales 20% van de tijd stilliggen omwille van onderhoud, pannes, enzovoort.

<sup>147</sup> [www.lne.be/co2-als-grondstof-afvang-en-gebruik-van-co2-ccu](http://www.lne.be/co2-als-grondstof-afvang-en-gebruik-van-co2-ccu)

- Omzetting CO/CO<sub>2</sub> naar ethanol: Ter vereenvoudiging wordt ervan uitgegaan dat 50% van alle gassen van ArcelorMittal-Gent die nu in de elektriciteitscentrale Knippegroen als brandstof gebruikt worden, ingezet zouden kunnen worden voor productie van ethanol. Op die manier zou 708 kton CO ingezet worden voor een productie van 165 kton ethanol/jaar (<1% van de wereldmarkt).
- Omzetting CO<sub>2</sub> naar algen: De productie van de micro-algen vindt plaats in een gesloten fotoreactor en onder gecontroleerde omstandigheden. Het gaat om een vlakkeplaatreactor omgeven door een waterbuffer, vervaardigd uit dunne plasticfolie (concept van het bedrijf Proviron). Elementen die algen nodig hebben om te groeien zijn: nutriënten (aanwezig in bv. afvalstromen), CO<sub>2</sub>, warmte (bij voorkeur restwarmte) en ruimte. De huidige installatie bevindt zich op de Hoge Maey te Antwerpen. Om niet teveel in competitie te treden met de landbouw, werd voor het bepalen van het toepassingspotentieel 1% van alle cultuurgrond (6181 ha) in beschouwing genomen. In dat geval kan in Vlaanderen 43,6 kton biomassa/jaar geproduceerd worden. Dit is een factor 1,5 groter dan de huidige wereldmarkt voor larvale voeders voor vis- en garnaalkwekerijen.
- Carbonatie: Slakkenzand van de metaalindustrie wordt in Genk en Gent geproduceerd voor samen ca. 1 Mton/jaar. In combinatie met deze totale hoeveelheid staalslak kan ca. 1 Mton bouw materiaal geproduceerd worden.

De huidige industriële vraag naar CO<sub>2</sub> wordt in verschillende studies geschat rond de 200Mton, bijvoorbeeld 222Mton<sup>148</sup> wereldwijd. Op een Europese broeikasgas emissie van 4 452Mton CO<sub>2eq</sub> in 2015<sup>149</sup> is dit eerder beperkt, desalniettemin blijft koolstofafvang en -hergebruik een belangrijke factor voor het bereiken van een koolstofarme of -vrije maatschappij.

Wat de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> betreft (CCS) is het potentieel in Vlaanderen klein. Mocht deze optie in Vlaanderen ingang vinden dan zal waarschijnlijk gebruik moeten gemaakt worden van opslagmogelijkheden in het Britse, Nederlandse of Noorse deel van de Noordzee (opslag in lege gasvelden).

tabel 47: toepassingspotentieel van enkele mogelijke oplossingen voor koolstofafvang en -hergebruik

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
Omzetting CO <sub>2</sub> naar methanol	305 kton/jaar
Omzetting CO/CO <sub>2</sub> naar ethanol	165 kton/jaar (afhankelijk van evoluties in de staalsector)
Omzetting CO <sub>2</sub> naar algen	43,6 kton biomassa/jaar
Carbonatie	1 Mton bouw materiaal/jaar
CCS	Erg onzeker

#### 3.4.4.2 Duurzaamheidsimpact

In de onderstaande tabel wordt het potentieel van besparing van CO<sub>2</sub> weergegeven. Dit moet verder nog in een marktcontext geëvalueerd worden. Bijvoorbeeld voor algen is het potentieel aan productie groot, maar de totale huidige vraag (voor larvale voeders) is erg beperkt. In de toekomst kunnen de algen eventueel ook op andere markten een afzet vinden, bijvoorbeeld voor de productie van biobrandstoffen of 'speciality chemicals'. Voor carbonatie is het totale volume erg groot, al is de primaire doelstelling de productie van kwaliteitsvolle bouwmaterialen eerder dan CO<sub>2</sub> opslag. Tevens is het belangrijk om tot gedeelde afspraken te komen i.v.m. de berekeningsmethode voor het potentieel van besparing van CO<sub>2</sub> van CCU-toepassingen,

<sup>148</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5101260/>

<sup>149</sup> [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse\\_gas\\_emission\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics)

inclusief een methode om die besparing toe te wijzen aan de sectoren die betrokken zijn in de productie- en gebruiksketen van het CO<sub>2</sub>. Het is ook belangrijk om rekening te houden met de tijdsduur waarop het hergebruikte CO<sub>2</sub> wordt vastgelegd (bv. bij de productie van biobrandstoffen komt het vastgelegde CO<sub>2</sub> opnieuw vrij bij de verbranding).

tabel 48: duurzaamheidsimpact van enkele mogelijke oplossingen voor koolstofafvang en -hergebruik

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050 (BKG reductie)
Omzetting CO <sub>2</sub> naar methanol	420 kton/jaar
Omzetting CO/CO <sub>2</sub> naar ethanol	300 kton/jaar (in vergelijking met huidige elek. mix)
Omzetting CO <sub>2</sub> naar algen	36 kton/jaar
Carbonatatie	96 kton/jaar vastgelegd; 184 kton vermeden bij productie cement

#### 3.4.4.3 Haalbaarheid

Schattingen over de evolutie op langere termijn voor het afvangen van CO<sub>2</sub> wijzen in de richting van 30 tot 35 euro per ton vermeden CO<sub>2</sub> voor steenkoolcentrales en 66 tot 90 euro per ton voor gasgestookte centrales<sup>150</sup>. Op dit moment liggen de kosten echter enkele tientallen euro hoger. Kosten voor het afvangen van CO<sub>2</sub> uit industriële installaties variëren vandaag tussen 30 en 80 euro per ton. Een vergelijking met de huidige koolstofprijs op de ETS-markt die de afgelopen jaren rond de 5 euro per ton CO<sub>2</sub> schommelde (en in de eerste maanden van 2018 wel klom tot 14 euro per ton CO<sub>2</sub>) leert al snel dat deze technologie (zonder bijkomende steun) commercieel gezien nog niet levensvatbaar is. Inkomsten uit eventueel veel hoger gewaardeerde CO<sub>2</sub>-emissierechten dan vandaag kunnen vanzelfsprekend een doorslaggevende factor worden voor de meeste technologieën indien de Europese wetgeving het mogelijk maakt om vermeden CO<sub>2</sub>-emissie wel in mindering te brengen.

#### 3.4.5 Productie van duurzame biomassa

##### 3.4.5.1 Toepassingspotentieel

Het Vlaamse biomassapotentieel is gebaseerd op een studie van OVAM<sup>151</sup>. Dit potentieel bedraagt 54 PJ (15 TWh). Daarbij moet rekening worden gehouden met de gewenste cascadering: in eerste instantie zo hoogwaardig mogelijk verbruik door eerst het materiaal te hergebruiken alvorens het in te zetten als energiebron. Voor het kunnen halen van de 80 tot 95% BKG-emissiereductiedoelstelling in 2050 zal meer biomassa nodig zijn dan Vlaanderen zelf kan produceren. Er moet immers rekening gehouden worden met het feit dat groen gas en biobrandstoffen in 2050 wellicht de enige optie vormen voor emissiereductie bij belangrijke energieverbruikers, zoals een deel van de warmtevoorziening voor bedrijven en vliegverkeer, en mogelijk ook zwaar transport over de weg. Dat kan betekenen dat de gewenste energiedragers (groen gas of biobrandstoffen, of de vaste biomassa zelf) moeten worden geïmporteerd. De aanwezigheid van grote havens, nabijgelegen industriële complexen en afzetmogelijkheden biedt hier kansen voor Vlaanderen. Omdat het wereldwijde potentieel aan duurzame biomassa beperkt is (en import dus niet ongelimiteerd kan plaatsvinden), is in een studie van Climact/Ecofys<sup>152</sup> het globale biomassapotentieel verdeeld over de

<sup>150</sup> Laenen B., Laes E., Lemeire C., Van den Abeele L., Van Wortswinkel L., van Alphen K. & Hanegraaf M. (2013). Evaluatie van het beleidskader en identificatie van beleidsinstrumenten voor het faciliteren van CC(U)S-projecten in Vlaanderen, <https://www.vlaanderen.be/nl/publicaties/detail/evaluatie-van-het-beleidskader-en-identificatie-van-beleidsinstrumenten-voor-het-faciliteren-van-cc-u-s-projecten-opslag-en-1>

<sup>151</sup> OVAM (2010). Inventarisatie biomassa 2007-2008.

<sup>152</sup> Climact en Ecofys (2014). Verkenning middellange termijn (2030) en lange termijn (2050) energie-en broeikasgasscenario's in Vlaanderen.



wereldbevolking (per capita) en op basis van de verwachte bevolking van Vlaanderen tegen 2050 is vervolgens een importpotentieel gedefinieerd. De import van biomassa loopt op tot maximaal 108 PJ (30 TWh) in 2050. Samen met de Vlaamse biomassa levert dit een totaal potentieel op van 45 TWh in 2050. De (onzekerheid omtrent de) duurzaam te importeren hoeveelheid biomassa bepaalt uiteraard sterk de potentiële bijdrage van de optie. We veronderstellen dat in 2030 de helft van dit potentieel beschikbaar is, en dat het Vlaamse potentieel volledig benut wordt.

tabel 49: toepassingspotentieel van duurzame biomassa

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2030	Potentieel in 2050
<b>Totale beschikbaarheid biomassa</b>	Max. 108 PJ (30 TWh)	Max. 162 PJ (45 TWh)

### 3.4.5.2 Duurzaamheidsimpact

Voor wat de uitstoot van BKGs betreft rekt de studie van Climact/Ecofys op een reductiepotentieel van 5-6 Mton in 2050. Deze studie brengt echter enkel de niet-ETS sectoren in rekening.

De impact op uitstoot van luchtpolluenten is afhankelijk van de gebruikte biomassa en verbrandingstechniek. Algemeen gezien veroorzaakt de verbranding van droge biomassa (bv. houtpellets, zaagsel, olijfpitten, snoeiselsresten, enz.) de hoogste impact op uitstoot van luchtpolluenten: NO<sub>x</sub> en stofemissies zullen hoger zijn dan voor verbranding aardgas. Die impact kan verminderd worden door de toepassing van rookgasreiniging. Biodiesel is veel minder vervuilend dan gewone petroleumdiesel. Het leidt tot een veel lagere uitstoot van quasi elke milieuverontreinigende stof: SO<sub>x</sub>, fijn stof, CO, niet verbrand koolwaterstof. Biodiesel heeft dan wel weer een 10% hogere uitstoot van NO<sub>x</sub>.

tabel 50: duurzaamheidsimpact van duurzame biomassa

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Biomassa (totaal)</b>	5-6 Mton BKG-besparing in niet-ETS sectoren. Overwegend negatieve impact op uitstoot van luchtpolluenten. Hoogste uitstoot van luchtpolluenten bij verbranding van droge biomassa (hogere NO <sub>x</sub> en stofemissies dan bij verbranding gas).

### 3.4.5.3 Haalbaarheid

De kosten voor groen gas of biobrandstoffen worden bepaald door de investeringen en de biomassaprijs. Ze liggen hoger dan die van de fossiele varianten. De nog te verwachten prijsdaling is volgens het Nederlands Planbureau voor de Leefomgeving niet spectaculair<sup>153</sup>. De in de toekomst mogelijk geachte productiekosten zijn sterk afhankelijk van de prijs voor de biomassa, die echter niet gemakkelijk te voorzien is. De technologie bij de productie (land- en bosbouw) en het transport van biomassa heeft nog potentie voor verdere efficiëntieverbetering, maar de effecten van klimaatverandering op de landbouw-productiviteit zijn onzeker. Daarnaast wordt de prijs van biomassa bepaald door de markt. Een toenemende vraag kan tot prijsstijgingen leiden. Van afval- en reststromen zonder hergebruiksmogelijkheden is de prijs lager dan van specifiek geteelde energiegewassen, waardoor de gemiddelde prijs in de praktijk ook van de beschikbaarheid van deze stromen afhangt.

<sup>153</sup> <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-vormgeving-van-de-energietransitie-1749.pdf>

De maatschappelijke aanvaardbaarheid van biomassatoepassingen hangt wellicht in sterke mate af van de duurzaamheid van de biomassastromen. Vooral bij geïmporteerde stromen stelt zich hier een uitdaging naar adequate monitoring en onafhankelijke verificatie.

### 3.4.6 Raffinaderijen

#### 3.4.6.1 Toepassingspotentieel

Raffinaderijen opereren in een internationale context en de input en eindproducten worden wereldwijd getransporteerd. Aangezien de vraag naar brandstoffen wellicht zal dalen, zullen enkel die raffinaderijen overleven die goed geïntegreerd zijn met andere sectoren (chemische nijverheid) en/of zeer efficiënt produceren. Zonder een uitspraak te willen doen over het al dan niet operationeel blijven van de Vlaamse raffinaderijen en met welke productievolumes, kijken we in de volgende paragrafen naar mogelijke innovaties die het energieverbruik en emissies verder kunnen verminderen.

Om het toepassingspotentieel in te schatten werd voorafgaand een volgorde in implementatie verondersteld voor een aantal maatregelen. De volgorde in de tabel hieronder is bijgevolg bepalend voor de ingeschatte besparing die kan gerealiseerd worden. Waterstof wordt door raffinaderijen gebruikt voor de ontzwaveling van diesel en stookolie. Een klein gedeelte wordt in de raffinaderij geproduceerd als bijproduct in enkele productiestappen, maar het grootste gedeelte wordt aangekocht. In de potentieel schatting nemen we aan dat enkel bij een voldoende hoog percentage (>50%) van de totale elektriciteitsproductie op hernieuwbare, fluctuerende bronnen, waterstofproductie door elektrolyse kostenefficiënt kan ingezet worden.

tabel 51: toepassingspotentieel van mogelijke oplossingen in de raffinagesector

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2030	Potentieel in 2050
<b>Energie-efficiëntie verbeteringen aan de huidige processen</b>	25% energie besparing (19% op brandstoffen, 6% elektriciteit)	50% energie besparing (38% op brandstoffen, 12% elektriciteit)
<b>Verder toepassen van WKK in de processen</b>	10%	20% (max. additioneel potentieel), maar besparing op energiesysteem-niveau, niet bij raffinaderijen
<b>Volledige switch naar aardgas als brandstof voor processen</b>	50%, maar besparing op energiegebruik is 0%	100%, maar besparing op energiegebruik is 0%
<b>Innovaties aan het distillatieproces: focus op atmosferische distillatie en FCC</b>	23% energie besparing (max. potentieel)	23% energie besparing (max. potentieel)
<b>Ombouw van fossiele naar bio raffinaderij</b>	0%	0%
<b>Power to hydrogen</b>	20% van huidige H <sub>2</sub> gebruik	100% van huidige H <sub>2</sub> gebruik

### 3.4.6.2 Duurzaamheidsimpact

De uitstoot van broeikasgassen drukken we procentueel uit en in tonnages ten opzichte van 2014. Dit doen we omdat de effectieve productie van de Vlaamse raffinaderijen in 2030 en 2050 bepalend zal zijn voor de nog resterende emissies. In 2014 bedroegen de emissies 4,7 Mton (Bron: CRF rapportering 2016).

tabel 52: duurzaamheidsimpact van mogelijke oplossingen in de raffinagesector

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050 (BKG reductie)
<b>Energie-efficiëntie verbeteringen aan de huidige processen (procescontrole en -integratie, betere afstelling ...)</b>	38% besparing in broeikasgassen, ofwel daling van 1 798 kton t.o.v. de emissies in 2014. 12% besparing op elektriciteitsverbruik.
<b>Verder toepassen van WKK in de processen</b>	Aangezien het verbruik in de raffinaderijsector stijgt, stijgen de emissies met 2%, of zo'n 95 kton t.o.v. de emissies in 2014. Besparing bij elektriciteitssector.
<b>Volledige switch naar aardgas als brandstof voor processen</b>	Lagere emissiefactor van aardgas → emissies dalen lichtjes bij een volledige switch met zo'n 1% of 40 kton t.o.v. de emissies in 2014.
<b>Innovaties aan het distillatieproces: focus op atmosferische distillatie en FCC (kraking)</b>	23% besparing in broeikasgassen, ofwel daling van 1 088 kton t.o.v. de emissies in 2014.
<b>Power to hydrogen</b>	Emissies van de huidige productie van waterstofgas vinden buiten de raffinaderijen en deels buiten Vlaanderen plaats. Indien hernieuwbare elektriciteit wordt gebruikt voor de elektrolyse is de BKG besparing 100%, maar niet op conto raffinaderijen.

De verzurende emissies van de raffinaderijen zijn sinds 2000 sterk gedaald (vooral SO<sub>2</sub> emissies) door ingebruikname van brandstof met lager zwavelgehalte en nageschakelde technieken. De SO<sub>2</sub> emissies bedroegen in 2000 nog 26,26 kton en in 2014 8,15 kton, de NO<sub>x</sub> emissies bedroegen in 2000 nog 7,5 kton, in 2014 3,81 kton. Alle hierboven vermelde innovaties (uitgezonderd van 'power to hydrogen') zullen gelijkaardige reducties van luchtpolluenten opleveren.

### 3.4.6.3 Haalbaarheid

In de Roadmap-studie werden de kosten uitgedrukt in euro/ton CO<sub>2</sub> reductie. Voor de energie-efficiëntie verbeteringen aan de huidige processen zijn de kosten negatief (van -89 tot -63 euro/ton CO<sub>2</sub>); dit betekent dat de investeringen meer dan terugverdiend worden over de levensduur van de maatregelen.

De kost van innovaties aan het distillatieproces is ook negatief en werd geschat op -56 euro/ton CO<sub>2</sub>.

De kost van elektrolyse van water wordt beschreven in sectie 3.6.2.

## 3.5 Infrastructuur

### 3.5.1 Warmtenetten

#### 3.5.1.1 Toepassingspotentieel

Het inschatten van het toepassingspotentieel van warmtenetten is bijzonder onzeker omdat dit afhangt van lokale omstandigheden (bv. beschikbaarheid en kostprijs van restwarmte) en onzekere factoren zoals de evolutie van de gasprijs, te gebruiken discontovoeten enzovoort. Een VITO-studie schat dat het economisch



rendabele potentieel van de toepassing van restwarmte uit de industrie 25-60% van de residentiële warmtevraag in 2012 betreft<sup>154</sup>. Het potentieel aan diepe geothermie zou volgens een ambitieuze prognose 100 centrales in 2050 betreffen, voor een totale warmteproductie van 3,6 TWh<sup>155</sup>.

tabel 53: toepassingspotentieel van warmtenetten

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Warmtenetten</b>	12% van de gebouwen is aangesloten op een warmtenet

Toch is de achterstand die Vlaanderen heeft opgelopen moeilijk weg te werken. In een bestaande omgeving, waar de ondergrond nu al ruim is voorzien van leidingen en rioleringen, is het geen sinecure om een volledig nieuwe infrastructuur uit te bouwen. Waar dat wel kan (bv. in zorgvuldig geselecteerde nieuwbouwwijken en projecten van stadsvernieuwing) moet rekening worden gehouden met hoge kapitaalkosten (CAPEX) en een lange afschrijfperiode. Tevens moet de optie ‘warmtenetten’ afgewogen worden tegen andere oplossingen om de warmtevraag in de gebouwde omgeving op een koolstofarme manier in te vullen: de ‘elektrische oplossing’ (warmtepompen aangedreven door duurzame elektriciteitsvoorziening) of de ‘biomassa-oplossing’ (bv. op basis van groen gas). Een belangrijke rol is hier weggelegd voor de lokale besturen om een technologiekeuze te maken, waarbij het gebruik van restwarmte benut wordt waar mogelijk. In de Roadmap-studie wordt (op basis van sectoroverleg) ervan uitgegaan dat in 2050 60% van de verwarmingsinstallaties elektrisch zijn; van de overblijvende 40% van de gebouwen zou 1/3<sup>e</sup> door een warmtenet gevoed worden (dus ongeveer 12% van de gebouwen in 2050). Dit laatste cijfer wordt als ambitieus ervaren door de deelnemers aan de expertworkshop.

### 3.5.1.2 Duurzaamheidsimpact

De duurzaamheidsimpact van warmtenetten is afhankelijk van de gebruikte warmtebron:

- Fossiele brandstoffen (vooral gas): t.o.v. individuele verwarming (gasboilers, stookolie) biedt collectieve warmteopwekking het voordeel dat één centrale bron een efficiëntere omzetting van de brandstof naar warmte verzekert, zeker indien gebruik gemaakt wordt van een WKK.
- Restwarmte: restwarmte van bv. industriële processen of afvalverbranding die anders verloren zou gaan kan via warmtenetten nuttig aangewend worden. In dit geval is de totale uitstoot van BKGs afhankelijk van de gebruikte warmtebron voor de industriële processen die de restwarmte leveren.
- Hernieuwbare bronnen zoals duurzame biomassa, diepe of ondiepe geothermie of zonnewarmte stoten geen CO<sub>2</sub> uit.

tabel 54: duurzaamheidsimpact van warmtenetten

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
<b>Warmtebron: fossiele brandstoffen</b>	Efficiëntiewinst t.o.v. individuele verwarming.
<b>Warmtebron: restwarmte</b>	Restwarmte vervangt individuele verwarming en de uitstoot die door deze verwarmingsinstallaties veroorzaakt wordt.
<b>Warmtebron: hernieuwbaar</b>	Afhankelijk van de gebruikte bron. Verbranden van vaste biomassa geeft relatief hoge uitstoot van luchtpolluenten. Diepe geothermie heeft mogelijk risico op micro-aardbevingen.

<sup>154</sup> <http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/beleid/Warmte-Vlaanderen2015.pdf>

<sup>155</sup> [http://www.vlaamseklimaattop.be/sites/default/files/atoms/files/Hernieuwbare\\_atlas\\_Vlaamse\\_gemeenten\\_finaal\\_v20160921.pdf](http://www.vlaamseklimaattop.be/sites/default/files/atoms/files/Hernieuwbare_atlas_Vlaamse_gemeenten_finaal_v20160921.pdf)

De impact op de uitstoot van luchtvervuilende stoffen is eveneens afhankelijk van de gebruikte warmtebron. Meest problematisch is het verbranden van vaste biomassa. NO<sub>x</sub> en stofemissies zullen hoger zijn dan voor verbranding van aardgas. Er is eventueel na geschakelde rookgasreiniging nodig (Multi cycloon, katalytische reductie, doekfilter). De kwaliteit van de brandstof (bv. schone versus opgeschoonde houtchips) bepaalt in grote mate het soort rookgasreiniging dat zal moeten toegepast worden; productie en transport van biomassa naar bedrijven heeft impact op luchtkwaliteit en (indirecte) CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Voor alle diepe geothermie projecten moet men het risico op micro-aardbevingen en dergelijke in rekening nemen, dit kan een belangrijke beperkende factor zijn voor deze technologie.

### 3.5.1.3 Haalbaarheid

Algemeen geldt dat de CAPEX (investeringskost) voor warmtenetten hoger is dan voor individuele verwarmingsopties (aanleg pijpleidingen). De totale kost hangt af van de gebruikte warmtebron en de warmtevraag die afgedekt wordt. Algemeen gesproken is restwarmte (indien voldoende potentieel beschikbaar) de goedkoopste optie, terwijl innovatieve duurzame bronnen zoals ondiepe geothermie, diepe geothermie en zonnewarmte momenteel nog duur uitvallen. Voor diepe geothermie zijn enkel in de Kempen vanaf 3 km diepte grondwaterlagen beschikbaar die een voldoende hoge temperatuur hebben.

Bij de aanleg van warmtenetten in een residentiële omgeving kan sociale weerstand ontstaan, aangezien dit een vrij ingrijpende renovatie betreft.

## 3.5.2 Transmissie van elektriciteit

### 3.5.2.1 Toepassingspotentieel

De grote veranderingen van de laatste jaren zijn voornamelijk de uitbreiding van de interconnectiecapaciteit en de uitbreiding van flexibiliteit aan de consumptiezijde. Mogelijke innovaties zijn de volgende:

- ‘High-Voltage Direct Current’ (HVDC) leidingen en de interactie met ‘Alternating Current’ (AC) leidingen. Gelijkstroomnetten (‘Direct Current’) hebben de laatste jaren wereldwijd aan populariteit gewonnen. Aangezien de energie met minder verliezen kan getransporteerd worden is dit vooral een oplossing voor lange-afstandsverbindingen. Gelijkstroomnetten brengen echter ook uitdagingen met zich mee. Zo zijn ze moeilijker te stabiliseren ten opzichte van wisselstroomnetten en moeten er andere veiligheidssystemen worden uitgewerkt. Op zich is dit een uitdaging voor de transmissienetbeheerder, concreet wordt er in het Alegro-project gewerkt aan een HVDC-verbinding met Duitsland.
- ‘Dynamic Line Rating’: In plaats van de maximale stroom door een lijn als een vast gegeven te beschouwen, kan dit dynamisch beschouwd worden op gebied van lokale temperatuurmetingen. Dit kan op bepaalde momenten de invoercapaciteit van een hoogspanningslijn beperkt verhogen.

tabel 55: toepassingspotentieel van mogelijke oplossingen m.b.t. transmissienetten

Mogelijke oplossing	Potentieel 2030	Potentieel 2050
Monitoring en controle in het transmissienet	Volledig operationeel	
‘On load tap changers’ in HV/MV cabines	Volledig operationeel	
Bouw van HVDC netten	Alegro	Meshed HVDC grids
Dynamic Line Rating	50% van de hoogspanningslijnen	100% van de hoogspanningslijnen



### 3.5.2.2 Duurzaamheidsimpact

De specifieke besparing aan broeikasgassen is zeer sterk afhankelijk van de marktcontext en de energiestromen in het net. Meer import van (hernieuwbare) elektriciteit zorgt uiteraard voor een lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van elektriciteitsproductie in Vlaanderen. HVDC lijnen hebben minder netverliezen en verhogen dus de efficiëntie van de elektriciteitstransmissie. ‘Dynamic line rating’ kan zorgen voor minder nodige investeringen in het transmissienet.

### 3.5.2.3 Haalbaarheid

De transmissienetbeheerder rekent een vergoeding aan voor het transport van elektriciteit voor de openbare diensten die ze verlenen (zoals bv. de aankoopgarantie voor groenestroomcertificaten). De netbeheerder kan zijn tarieven niet zomaar aanpassen: er is een goedkeuring van de overheid nodig. Dit principe zorgt ervoor dat er steeds een afweging gebeurt van maatschappelijke kosten en baten. Plaatselijke hinder bij werken en lokaal verzet tegen aanleg van bovengrondse leidingen (bv. door landschapsvervuiling) zijn zeker factoren die in rekening moeten genomen worden.

## 3.5.3 Distributie van elektriciteit

### 3.5.3.1 Toepassingspotentieel

Onderstaande tabel geeft een indicatie van het potentieel van de technologieën richting 2030 en 2050, zoals besproken tijdens de expert workshop. De trend naar meer monitoring en controle in het net zal gestaag verdergezet worden. De uitrol van slimme meters komt er ook zeker, al zijn er nog vraagtekens rond implementatiesnelheid, welke groepen eerst, exacte functionaliteit enz. Een real-time marktmechanisme voor management van flexibiliteit is een optie, maar ontwikkeling hiervan is sterk afhankelijk van het regelgevende kader. De slimme controle van decentrale productie is in het Swift-project bestudeerd voor windturbines, en dit bleek zeer positieve resultaten met zich mee te brengen. Zo konden de windturbines online gehouden worden bij een fout elders in het net. Tegen 2030 kan een interface tussen netbeheerder en operator van het windturbine park standaard zijn.

Voor DC laagspanningsnetten is het potentieel beperkt. In principe kan er meer vermogen getransporteerd worden, maar voornamelijk bij een hoge constante belasting, wat niet het geval is in een residentiële context. Bovendien is het veiligheidsaspect een belangrijk aandachtspunt.

tabel 56: toepassingspotentieel voor mogelijke oplossingen op gebied van distributie van elektriciteit

Mogelijke oplossing	Potentieel 2030	Potentieel 2050
<b>Digitale meters</b>	96% in 2050, een uitrol over 20 jaar <sup>156</sup>	
<b>Monitoring en controle in het midden- en laagspanningsnet</b>	Voor 50% van de cabines	Voor alle cabines
<b>Management van flexibiliteit in een real-time marktmechanisme</b>	Demonstratie, gedeeltelijk operationeel	Operationeel
<b>On-load tap changers op MV/LV cabines</b>	enkele cabines	5% van de cabines
<b>Slimme controle van decentrale productie</b>	Mogelijk alle productie	Mogelijk alle productie
<b>DC laagspanningsnetten</b>	<1% van de huizen	<5% van de huizen

<sup>156</sup> zie <http://www.vreg.be/sites/default/files/document/rapp-2017-06.pdf> voor de verschillende timing van de gebruikerssegmenten

### 3.5.3.2 Duurzaamheidsimpact

Bovenstaande innovaties zijn vooral ‘enablers’ voor meer hernieuwbare energie. De impact op uitstoot van BKGs en andere pollutanten is dus onrechtstreeks.

### 3.5.3.3 Haalbaarheid

Onderstaande tabel bespreekt de betaalbaarheid van de oplossingen. De doorbraak van de meeste van deze technologieën is gericht op het integreren van meer hernieuwbare energie in het net en ook sterk afhankelijk van de gerelateerde kosten. Voor slimme meters, monitoring en controle, management van flexibiliteit en ‘on-load tap changing’ wordt er vanuit gegaan dat deze technologieën enkel uitgerold worden waar een positieve maatschappelijke business case wordt gevonden. Dit zal zeker voor het slim aansturen van windturbines op het middenspanningsnet het geval zijn. In het geval van slimme meters en real-time management van flexibiliteit is het kosten-baten plaatje complexer. Voor DC laagspanningsnetten is de uitrol beperkt door omstandigheden zoals ingrijpende renovaties op wijkniveau.

Sociaal-maatschappelijke bezwaren kunnen opduiken bij de uitrol van slimme meters (bv. privacy, complexiteit, welke doelgroepen ...) en DC netten (veiligheid).

tabel 57: mogelijke kostenbesparingen door oplossingen op het gebied van distributie van elektriciteit

<b>Mogelijke oplossing</b>	<b>Mogelijke kostenbesparingen in het energiesysteem</b>
<b>Slimme meter uitrol en data management</b>	Kan toelaten om piekvraag te verschuiven in de tijd en netinvesteringen te voorkomen.
<b>Monitoring en controle in het midden- en laagspanningsnet</b>	Kan netverliezen beperken en lokale congesties voorkomen.
<b>Real-time Management van flexibiliteit in een marktmechanisme</b>	Kan netverliezen beperken en lokale congesties voorkomen.
<b>On-load tap changers op MV/LV cabines</b>	Kan netverliezen beperken en lokale congesties voorkomen.
<b>Slimme controle van decentrale productie</b>	Kan integratie van hernieuwbare energie bevorderen tegen lagere maatschappelijke kost.
<b>Gelijkspanningsnetten</b>	Afhankelijk van toestellen in het huis, regulering en snelheid van nieuwbouw en ingrijpende renovatie.

## 3.6 Centrale afstemming van energievraag en -aanbod

### 3.6.1 Opslag van elektriciteit

#### 3.6.1.1 Toepassingspotentieel

Er zijn tal van onzekerheden te benoemen m.b.t. de ontwikkeling van energieopslag. Een ervan is de snelheid waarmee de verschillende vormen van energieopslag (batterij, warmte enz.) zich zullen ontwikkelen. Het Batstorm project<sup>157</sup> laat bv. zien dat voor batterijopslag vooralsnog verschillende barrières m.b.t. tot de technologie, de markt, het regulerende kader en maatschappelijke acceptatie een grootschalige implementatie in de weg staan. Ook moet energieopslag concurreren met andere aanbieders van flexibiliteit (zoals ‘demand response’ en flexibele productie) en het is lastig te voorzien hoe deze ontwikkeling zal uitpakken.

<sup>157</sup> Kessels, K., et al. (2017). Support to R&D Strategy for battery based energy storage. Costs and benefits for deployment scenarios of battery systems (D7 of the BATSTORM project). Ecofys, VITO, Technopolis, Fraunhofer IWES, and Strategen.

Ook het schaalniveau (centraal in het elektriciteitsnetwerk, decentraal in wijken, of achter de meter) waarop energieopslag het best geïmplementeerd kan worden is nog onduidelijk. Tot slot is de opkomst van elektrisch rijden en de mate waarin de autobatterijen als opslagmedium gebruikt zullen worden ('vehicle to grid') een mogelijk belangrijke maar onzekere ontwikkeling. Zonder een gedetailleerde scenario-analyse die (de competitie tussen) deze verschillende opties in kaart brengt is het onmogelijk om een kwantitatieve inschatting te maken m.b.t. het toepassingspotentieel.

### 3.6.1.2 Duurzaamheidsimpact

Batterijen stoten uiteraard geen luchtpolluenten uit bij gebruik, maar men dient rekening te houden met de gevaren, zoals brand en het vrijkomen van toxische stoffen, die gekoppeld zijn aan het kortsluiten of falen van een batterij met hoge vermogensdichtheden (zoals Lithium-ion batterijen).

Batterijen kunnen een heel aantal zware metalen en vervuilende stoffen bevatten, die evenwel kunnen gerecycleerd worden<sup>158</sup>. Veelvoorkomende componenten zijn kwik, lood, koper, zink, cadmium, mangaan, nikkel en lithium die gerecycleerd kunnen worden door hydrometallurgische of pyrometallurgische processen. Gezien de relatief recente doorbraak van de Lithium-ion technologie is er nog geen volwassen markt voor batterijrecyclage. Deze route wordt momenteel verkend via onderzoek en demonstratie.

De toxiciteit van nikkel-cadmium en loodzuur batterijen is hoog; in vergelijking met loodzuur is de lithium-ion optie ongeveer de helft minder toxisch<sup>159</sup>. Specifiek voor lithium-ion stelt zich wel het probleem van de uitputting van lithiumvoorraden (bij de te verwachten sterke groei van deze technologie); een probleem dat evenwel door recyclage van gebruikte batterijen opgevangen kan worden. Tevens bevinden 91% van de geïdentificeerde Lithiumvoorraden zich momenteel in ontwikkelende landen, wat een belangrijke uitdaging betekent m.b.t. de duurzaamheid van de gebruikte ontginningstechnieken en arbeidsvoorwaarden<sup>160</sup>. Lithium-ion batterijen vereisen ook veel energie in de productie (ongeveer 90 MJ per kg batterij), wat een negatieve impact heeft op de indirecte emissies en broeikasgasbalans van dit type batterij over de hele levenscyclus. Ook het veiligheidsaspect (brandgevaar enz.) mag niet verwaarloosd worden, zeker bij toepassingen in het verkeer.

tabel 58: duurzaamheidsimpact van batterijopslag

Mogelijke oplossing	Potentieel in 2050
Batterijopslag	Indirect positieve effecten op uitstoot van BKGs en luchtpolluenten door betere integratie van hernieuwbare energie. Andere milieu-impacts zijn afhankelijk van technologie en mogelijkheid tot recyclage. Li-ion vereist veel energie met negatieve impact op indirecte emissies. Dit is een belangrijk aandachtspunt in de komende jaren. Ook veiligheidsaspecten van batterijen mogen niet verwaarloosd worden.

<sup>158</sup> Bernardes et.al. (2004). Journal of Power Sources 130, pp. 291-298.

<sup>159</sup> McManus, M.C. (2012). Environmental consequences of the use of batteries in low carbon systems: The impact of battery production. *Applied Energy*. 93: 288-295.

<sup>160</sup> World Bank (2017). The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. World Bank.





### 3.6.2.2 Duurzaamheidsimpact

In de veronderstelling dat de elektrolyse met hernieuwbare energiebronnen gebeurt kan t.o.v. verbranding van gas 179 g CO<sub>2</sub>/kWh bespaard worden. Voor zowel ‘power-to-hydrogen’ als ‘power-to-methane’ komt dit in beide gevallen neer op eenzelfde besparing van niet-hernieuwbaar methaan dat verbrand zou zijn in plaats van het groene gas. Dus, waarom zou men na de elektrolyse van waterstof nog de methanisatie stap doen? Twee redenen:

- Bij de methanisatie stap gebruikt men CO<sub>2</sub> als grondstof, waarbij men CO<sub>2</sub> kan afvangen uit een industrieel proces of uit de lucht kan halen. Zo kan men een intrinsiek koolstofintensief proces toch koolstofarm maken.
- Methaan is het hoofdbestanddeel van natuurlijk gas en is veel makkelijker transporteerbaar in pijpleidingen dan het minder samendrukbare waterstof.

### 3.6.2.3 Haalbaarheid

Veel van de technologieën voor elektrolyse of andere vormen van waterstofproductie en daaropvolgend de synthese van methaan worden nog niet commercieel toegepast. De investeringskosten zijn nog hoog, en de huidige elektriciteitsprijs is ook te hoog om elektrolytische productie van waterstof aantrekkelijker te maken dan productie uit aardgas.

tabel 59: kostenfactoren van elektrolyse

Mogelijke oplossing	Kostprijs
Kost elektrolyse van water	800€/kW (2015), 500€/kW (2030), 300 €/kW (2050) (CAPEX)
Kost productie + injectie waterstof in het gasnet	100-125€/MWh <sup>166,167</sup>
Kost productie + injectie methaan in het gasnet	150-200€/MWh
Geopolitieke voordelen	Reductie afhankelijkheid buitenlandse gasvoorraden

## 3.7 Samenvatting

tabel 60 geeft een samenvattend overzicht weer van de geschatte potentiële milieu-impact en socio-economische haalbaarheid op basis van de bovenvermelde toepassingspotentiëlen van de mogelijke oplossingen voor het Vlaamse energiesysteem. In de tabel werden deze mogelijke oplossingen gebundeld volgens de verschillende oplossingsrichtingen (energiebesparing door energie-efficiëntie werd enkel in het geval van de gebouwde omgeving apart beschouwd, voor transport wordt energie-efficiëntie ingerekend als onderdeel van de shift naar alternatieve voertuigen, en voor industrie worden alle mogelijke oplossingen in de tabel sectorspecifiek gebundeld). Inschattingen m.b.t. betaalbaarheid werden niet ingekleurd omdat die inschattingen sterk afhankelijk zijn van de technologische evoluties in de tijd, en ook uiterst onzeker zijn op de lange termijn (2050).

De oplossingsrichting ‘gedragsverandering’ werd door de deelnemers aan de expertworkshop als zeer belangrijk beschouwd, met een mogelijke impact die ruimer gaat dan wat hier als toepassingspotentieel en duurzaamheidsimpact vermeld staat. Onder meer via productbeleid en product aankopen kan nog een bijkomende impact gerealiseerd worden, terwijl ook andere mogelijke oplossingen (zoals bv. de installatie van zonnepanelen) in belangrijke mate afhankelijk zijn van eindgebruikersgedrag. Het element ‘ruimte’

<sup>166</sup> ENEA consulting, The potential of power-to-gas, 2016.

<sup>167</sup> Thomas D., Mertens D., Meeus M., Van der Laak W., Francois I., Power to gas roadmap for Flanders, Waterstofnetwerk Vlaanderen, 2016.



Voor wat de 'afstemming van de energievraag op het -aanbod' betreft werd vooral opgemerkt dat de mogelijke oplossing opgevat moeten worden als 'enablers' van een duurzaam energiesysteem, omdat ze op zichzelf geen positieve milieu-impact veroorzaken maar indirect, door de integratie van hernieuwbare energie te bevorderen. Voor de warmtenetten werd benadrukt dat deze vooral van restwarmte gebruik zouden moeten maken. Batterijen werden aanzien als een goede 'enabler', terwijl de milieu-impact bij productie en grondstofontginning een belangrijk aandachtspunt blijft. 'Curtailment' of slimme controle van decentrale productie is een mogelijkheid om meer decentrale productie haalbaar te maken, zonder de zware investeringslast die gepaard gaat met de uitbreidingen van netten. Voor Power-to-Gas werd zowel de positieve milieu-impact als de haalbaarheid eerder laag ingeschat.



tabel 60: samenvatting van de inschatting van milieu-impact en socio-economische haalbaarheid van mogelijke oplossingen

		DUURZAAMHEIDSPOTENTIEEL					
		MILIEU-IMPACT POTENTIEEL			SOCIO-ECONOMISCHE HAALBAARHEID		
		BKG reductie 2050	Lucht polluenten reductie	Andere milieu-effecten	Kost/betaalbaarheid	Sociaal-maatschappelijk	
E-besparing door gedragsverandering	a	gebouwde omgeving	8 Mton t.o.v. referentiescenario (België), 4.5 Mton (Vlaanderen op basis van 56% huishoudens)	overwegend positief	matig positief	niet berekend	matig negatief
	b	transport	12 Mton t.o.v. referentiescenario (België), 7 Mton (Vlaanderen op basis van 58,4% voertuigkilometers)	overwegend positief	overwegend positief	niet berekend	matig positief
	c	industriële weefsel	opgenomen in andere steekkaarten (chemische sector, ijzer- en staalsector, E--efficiëntie overige industrie, raffinaderijen, koolstofopvang- en opslag of hergebruik, productie van duurzame biomassa). Geen inschatting van verandering in vraag van producten (geproduceerd in Vlaanderen).				
E-besparing door E-efficiëntie	a	gebouwde omgeving	6 Mton residentieel, 3 Mton tertiair t.o.v. referentiescenario (België) 3.4 Mton residentieel (Vlaanderen op basis van 56% huishoudens), 1.7 Mton tertiair (Vlaanderen op basis van 58% toegevoegde waarde tertiaire sector)	overwegend positief	matig negatief	matig negatief	matig positief
Verduurzaming van de E-vraag en -aanbod	a	gebouwde omgeving	8 Mton t.o.v. referentiescenario (België), 4.5 Mton (Vlaanderen op basis van 56% huishoudens)	matig positief	matig negatief	CAPEX luchtwarmtepomp: 9000 - 12600 €; grondwarmtepomp: 14000 € per huishouden 2010	matig negatief
	b	transport	15,73 Mton t.o.v. referentiescenario (België), 9,2 Mton (Vlaanderen op basis van 58,4% voertuigkilometers)	overwegend positief	overwegend positief		neutraal
	c	fotovoltaïsche systemen	5.2 Mton (Vlaanderen)	matig positief	matig negatief	in 2030: CAPEX 800 €/kW, OPEX 46 €/MWh	matig positief
	d	duurzame biomassa	5.6 Mton in niet-ETS sectoren	matig negatief tot matig positief afhankelijk van gebruikte biomassa & technologie	matig negatief	matig negatief afhankelijk van gebruikte biomassa & technologie	neutraal
	e	windenergie- offshore	6.8 - 9.0 Mton tov gascentrale (België), 4.4 tot 5.9 Mton (Vlaanderen op basis van 65% elektriciteitsverbruik in Vl. t.o.v. België)	neutraal tov gascentrale	overwegend positief	in 2030: CAPEX 1800-2300 €/kW, OPEX 63 €/MWh	overwegend positief
	f	windenergie- onshore	2.9 - 3.3 Mton tov gascentrale	neutraal tov gascentrale	overwegend positief	in 2030: CAPEX 1050 €/kW, OPEX 24 €/MWh	neutraal
	g	gedeeltelijk uitstel kernuitstap	TIJDELIJK (tot 2035), 2.8 Mton in Vlaanderen (op basis van openhouden Doel 4 en Tihange 3, elk ongeveer 1 GW capaciteit)	neutraal	overwegend negatief	1000 €/kW	negatief
	h	koolstofopvang en -opslag of hergebruik	afhankelijk van proces: CO2 nr methanol 420 kton/jr, CO/CO2 nr ethanol 360 kton/jr, CO2 naar algen 36 kton/jr, carbonatie 96 kton/jr vastgelegd plus 184 kton vermeden	meer onderzoek nodig	afhankelijk proces, hergebruik liefst zo dicht mogelijk bij CO2 bron	afhankelijk proces, algemeen zullen inkomsten uit CO2-emmissierechten doorslaggevend zijn	overwegend positief voor hergebruik overwegend negatief voor opslag
	i	raffinaderijen	62% reductie in de sector en buiten sector (Bij eenzelfde productieniveau als in 2014 vertegenwoordigt dit 2.9 Mton reductie)	62% reductie in de sector en buiten sector	positief	overwegend positief	neutraal
Afstemming E-vraag op E-aanbod	a	gebouwde omgeving	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	neutraal	neutraal
	b	elektriciteitstransmissie	overwegend positief	overwegend positief	mogelijk negatief	neutraal	mogelijk negatief
	c	distributie van elektriciteit	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	neutraal	neutraal	mogelijk negatief
	d	warmtenetten en geothermie	overwegend positief	overwegend positief tenzij voor biomassa	mogelijk vragen rond duurzaamheid biomassa	hoge CAPEX, OPEX afhankelijk van gebruikte warmtebron	matig negatief
	e	opslag van elektriciteit	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	overwegend positief door bevorderen integratie hernieuwbare E	matig negatief	matig negatief	neutraal
	f	power to gas	179 g CO2/kWh tov verbranding aardgas	neutraal tot overwegend positief tov verbranding aardgas en gebruik in transportsector	neutraal	overwegend negatief	neutraal
Buiten categorie INDUSTRIE	a	chemie	4.7 Mton (energetisch + proces)	processpecifiek	processpecifiek	CO2 prijzen van 150-200 €/t nodig voor diepe decarbonisatie (CCS of CCU, gebruik waterstof, groen chemie)	mogelijk negatief, sector blootgesteld aan internationale competitie
	b	ijzer- en staalsector	3.2 Mton	matig tot overwegend positief	meer onderzoek nodig	CO2 prijzen van 150-200 €/t nodig voor diepe decarbonisatie (CCS of CCU, gebruik waterstof, groen chemie)	mogelijk negatief, sector blootgesteld aan internationale competitie
	c	overige industrie	3.3 Mton	overwegend positief, uitgezonderd gebruik van biomassa	neutraal	afhankelijk van situatie, elektrificatie vereist hoge gasprijs	overwegend positief

5-10 Mton CO2 in Vlaanderen  
 2-5 Mton CO2 in Vlaanderen  
 < 2 Mton CO2 in Vlaanderen  
 overwegend positief

## 4 BARRIÈRES EN HEFBOMEN VOOR HET REALISEREN VAN DUURZAAMHEID IN DEELDOMEINEN

Hoofdstuk 4 van dit rapport beschrijft welke barrières en hefbomen hun invloed kunnen uitoefenen, en op welke manier, bij een transitie naar een duurzaam energiesysteem in 2050. Hierbij wordt een toekomstbeeld als eindpunt (doelstelling) gehanteerd, en wordt vervolgens voor de verschillende in hoofdstuk 3 beschreven oplossingen en innovaties een traject uitgetekend met aanduiding van welke barrières moeten overwonnen worden, welke hefbomen nodig zijn en welke actoren daar een rol spelen. Dergelijk traject kan bestaan uit één of meerdere stromen die sequentieel en/of parallel verlopen maar steeds erop toeziend dat ze elkaar versterken waar en wanneer dat kan en dat interferenties minimaal zijn. In wat volgt beschrijven we kort de gevolgde methodologie (sectie 4.1), alvorens de resultaten toe te lichten voor de drie deeldomeinen: verduurzaming van de voorziening van lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving (sectie 4.2), verduurzaming van het energieaanbod en voorziening van hoge temperatuurwarmte in de industrie (sectie 4.3), en afstemming van de energievraag op het -aanbod (sectie 4.4).

### 4.1 Methodologie

Voor elk van de in hoofdstuk 3 geïdentificeerde oplossingen of innovaties werden mogelijke barrières en opportuniteiten opgelijst en verder uitgediept aan de hand van het Technologische Innovatie-systeem (TIS)-analysekader, zoals beschreven in het “Instructiehandboek Reflectieve Monitoring van Innovatieprogramma’s en Innovatiesystemen” van PBL en Agentschap NL<sup>168</sup>. Het uitgangspunt van het TIS-analysekader is dat innovaties gebaat zijn bij de opbouw van een goed functionerend innovatiesysteem. Wat helpt om het innovatiesysteem goed op te bouwen is, kort gezegd, inschatten hoe het opbouwende innovatiesysteem er wat betreft de zeven functies voorstaat en vervolgens acties ontwikkelen om de matig ontwikkelde sleutelprocessen te versterken. Deze 7 functies zijn:

- Kennisontwikkeling
- Kennisuitwisseling
- Ondernemersactiviteiten
- Mobiliseren van middelen
- Marktvorming
- Richting geven aan het zoekproces
- Legitimering (o.a. door ondersteuning belangengroepen)

Afhankelijk van het stadium waarin een bepaalde innovatie zich bevindt moeten bepaalde functies goed draaien om het innovatiesysteem in een versnelling te brengen. Als het innovatiesysteem zich in de beginfase bevindt moet vooral de ‘kennismotor’ ofwel goed draaien ofwel actief in gang worden gezet. Een goede indicator is het al dan niet aanwezig zijn van prototypes. Als deze nog niet aanwezig zijn dan is er zeker sprake van de exploratiefase waarin het innovatiesysteem zich bevindt en zal de kennismotor de hoogst haalbare motor zijn. Als er wel sprake is van de aanwezigheid van prototypes dan zou het innovatiesysteem zich al in een volgende fase moeten bevinden. De prototypes zijn in dit geval nog niet zodanig uitontwikkeld dat ze te koop zijn op de markt. De ‘ondernemersmotor’ dient dan goed ontwikkeld te zijn.

---

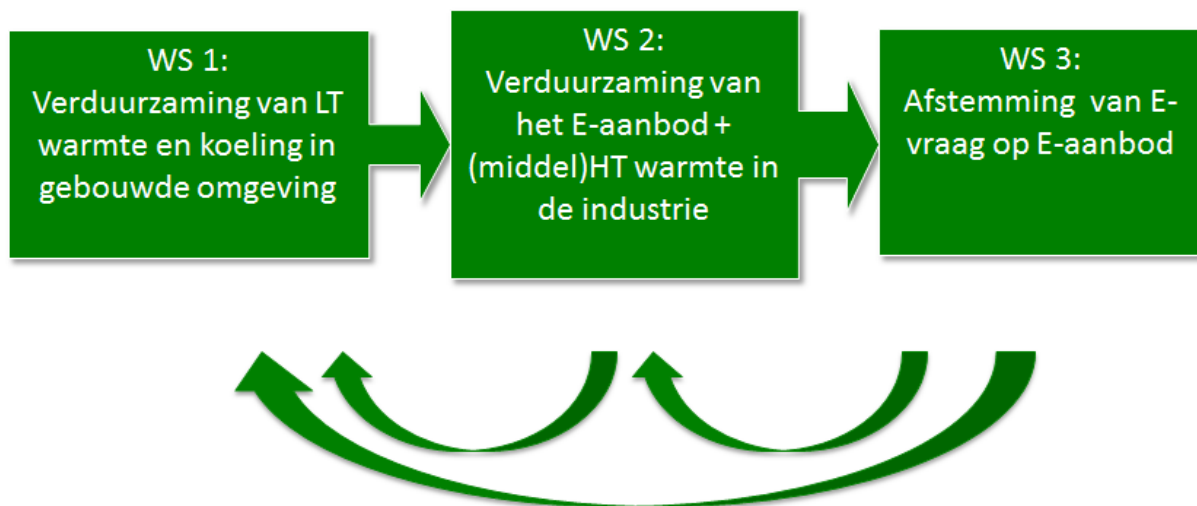
<sup>168</sup> [www.transitiepraktijk.nl/files/Reflectieve\\_Monitoring\\_van\\_Innovatieprogrammas\\_en\\_Innovatiesystemen\\_TNO\\_AgentschapNL\(1\).pdf](http://www.transitiepraktijk.nl/files/Reflectieve_Monitoring_van_Innovatieprogrammas_en_Innovatiesystemen_TNO_AgentschapNL(1).pdf)

Als de innovatie zodanig is ontwikkeld dat hij in specifieke niche markten wordt verkocht dan is er sprake van het begin van de versnellingsfase van het innovatiesysteem. De ‘systeembouwmotor’ dient nu goed te gaan draaien om een grote markt en de benodigde aanpassingen in de institutionele omgeving te initiëren. Als er een duidelijke markt voor de innovatie aanwezig is en de innovatie wordt goed verkocht, dan zal het innovatiesysteem al grotendeels moeten zijn opgebouwd. In deze fase is actief bijsturen van minder belang dan in de vorige fases<sup>169</sup>. Bij de toepassing van dit TIS-analysekader werden in het kader van voorliggende studie volgende stappen gevolgd.

#### 4.1.1 Afbakening van deeldomeinen

Om tot voldoende gedetailleerde analyses en aanbevelingen te komen werd met de opdrachtgever afgesproken om drie workshops te organiseren. Hiertoe was het nodig om het energiesysteem Vlaanderen op te splitsen in drie deeldomeinen, zonder evenwel de verbanden tussen deze domeinen uit het oog te verliezen. Er werd hierbij enigszins afgeweken van de in de voorgaande hoofdstukken gehanteerde opsplitsing in de verschillende oplossingsrichtingen (energiebesparing door gedragswijziging, energiebesparing door energie-efficiëntie, verduurzamen van energievraag en -aanbod, en afstemmen energievraag op -aanbod). Het leek ons immers praktisch onhaalbaar om binnen het thema ‘energiebesparing door energie-efficiëntie en gedragswijziging’ zowel industrie, handel & diensten als huishoudens aan bod te laten komen. Tevens was het belangrijk om de deeldomeinen zodanig te definiëren dat we voor elk deeldomein voldoende betrokken actoren met een goede kennis van het volledige deeldomein konden samenbrengen om een levendige discussie tot stand te brengen.

figuur 7: opbouw van en interactie tussen de drie workshops



<sup>169</sup> Deze paragraaf is gebaseerd op Hekkert, M. en Ossebaard, M. (2010). De Innovatiemotor, het versnellen van baanbrekende innovaties. Van Gorcum, Assen.







tweede werden mogelijke kandidaten geselecteerd uit het netwerk van shiftN zowel als VITO/EnergyVille. Hierbij werd de lijst van deelnemers aan projecten zoals 'potentieel voor groene warmte in Vlaanderen' en de werkgroep 'hernieuwbare energie' van het Stroomversnellingsinitiatief gebruikt als bijkomende bron.

Omwille van de specifieke set-up van de workshop was het streefdeel om 6 tot 8 deelnemers rond de tafel te krijgen.

- Voor de eerste workshop was er echter een grote interesse; in totaal waren er 12 deelnemers. Voor deze workshop werd er eerst in groep van telkens 4 personen voorbereidend overleg gepleegd. Vervolgens werd de plenaire transitie-oefening gezamenlijk uitgevoerd bouwende op deze voorbereiding.
- Voor de tweede workshop en de derde workshop waren er telkens 6 deelnemers en werd de transitieoefening na individuele voorbereiding gezamenlijk uitgevoerd.

Een overzicht van de deelnemers per workshop is beschikbaar in Annex 4. De deelnemers aan de workshops hebben input geleverd voor de samenstelling van dit rapport, dit betekent echter niet dat de deelnemers het eens zijn met de volledige inhoud van het eindrapport.

Gezien de focus op een specifiek domein per workshop werden voornamelijk experts met kennis van dit domein en/of van een specifiek deeldomein ervan gerekruteerd. Dit heeft geresulteerd in een waardevolle verrijking van oplossingen, hefbomen en barrières.

#### 4.1.3.2 Uitvoering

Elke workshop had de vorm van een gefaciliteerde open groepsdiscussie elk met focus op één van de drie deeldomeinen van het energiesysteem zoals hierboven aangegeven. Ter voorbereiding van de workshop ontvingen de deelnemers een achtergronddocument met daarin een overzicht van de geschetste toekomstvisie (2050) en van de reeds geïdentificeerde oplossingen, barrières en hefbomen voor het betreffende deeldomein van het energiesysteem. Elke workshop was beperkt tot een halve dag en verliep als volgt: inleiding (± 45min), lunch, interactieve sessie (3h), reflectie op het resultaat en afronding (30min).

Met de geschetste toekomstvisie voor 2050 als lange termijn doelstelling voor het energiesysteem werd de deelnemers gevraagd een traject te schetsen voor het betreffende deeldomein. Daarvoor werden op basis van het achtergronddocument drie sets van kaarten gemaakt: 1) oplossingen die kunnen ingezet worden, 2) barrières die bepaalde oplossingen in de weg kunnen staan en 3) hefbomen die kunnen helpen een oplossing te realiseren (cf. Annex 6). De bedoeling was om deze kaarten uiteindelijk een plaats te geven op een grote overzichtskaart (A0 poster) die de tijdslijn voor de transitie en de volgorde van de te nemen stappen weergeeft. In eerste instantie selecteerden de deelnemers, alleen of in groepjes van drie, de belangrijkste oplossingen uit de kaarten en werd gevraagd op welk moment die in de transitie aan bod zouden komen. Van zodra een eerste set oplossingen was toegevoegd werd nagedacht over de belangrijkste barrières en hefbomen die het realiseren van die oplossingen kan beïnvloeden. Daarbij werden nieuwe oplossingen, barrières en hefbomen beschreven en toegevoegd aan het traject. Tenslotte werd nog nagedacht welke de belangrijkste actoren zijn om de verschillende oplossingen in gang te kunnen zetten. De hele interactieve sessie wordt door de facilitator begeleid en gebeurt rond de centrale poster met het overzicht van het zich ontwikkelende traject. De hele discussie wordt genotuleerd als ondersteuning voor de rapportering.



In wat volgt bespreken we de resultaten van de workshops. Voor elk deeldomein geven we eerst een overkoepelende visie weer die de uitdaging om meer duurzaamheid te realiseren voor elk deeldomein verder concretiseert. Vervolgens geven we voor verschillende clusters binnen de deeldomeinen (die tijdens de workshops werden uitgekristalliseerd) de belangrijkste barrières en hefboomen weer die hetzij overwonnen, hetzij ingezet moeten worden om de innovatiemotor (zie boven) binnen elke cluster te doen aanslaan of versterken. We geven tevens weer of deze barrières en hefboomen vooral vanaf de korte (KT, voor 2020), middellange (MT, tussen 2020 en 2030) of de lange termijn (LT, tussen 2030 en 2050) een rol zullen spelen. Wanneer we aangeven dat een barrière of hefboom vooral vanaf de korte termijn een rol speelt betekent dit niet noodzakelijk dat die barrière of hefboom op de middellange of lange termijn aan belang verliest; met de tijds aanduidingen willen we vooral aangeven vanaf wanneer een barrière of hefboom een belangrijke rol begint of kan beginnen te spelen. De resultaten worden ook grafisch weergegeven in innovatiesysteemkaarten die de interacties tussen de verschillende barrières en hefboomen voor elk deeldomein (nog eens onderverdeeld in verschillende clusters) weergeven op een tijdlijn.

De uitkomsten van deze workshops moet zeker niet als definitief of alomvattend worden beschouwd. Gezien het verkennende lange-termijnkarakter van deze studie wensen we de klemtoon te leggen op “nog niet in voegen zijnde” en “bestaande en te optimaliseren” sleutelmaatregelen die een hefboom kunnen vormen voor een versnelling van de energietransitie met het oog op een duurzame toekomst. Dit betekent dat diverse al bestaande of zinvolle maar eerder ondersteunende maatregelen bewust niet of eerder in de marge werden opgenomen in dit rapport om de overzichtelijkheid te bewaren en prioriteiten te kunnen bewaken (het bestaande beleid wordt vooral behandeld in hoofdstuk 2).

## 4.2 Verduurzaming van de voorziening van lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving

### 4.2.1 Visie 2050

Binnen de gebouwde omgeving zijn er verschillende reductietechnologieën, naast ruimtelijke en gedrag gerelateerde maatregelen, beschikbaar om broeikasgasemissies te verminderen. In onderstaande visie bespreken we de twee belangrijkste pijlers, namelijk het terugdringen van de warmte- en koude vraag in de gebouwde omgeving, naast het verduurzamen van het warmte- en koude productie. De rol van de gebouwde omgeving in afstemming van energievraag op energieaanbod bespreken we in de derde workshop ‘afstemming vraag en aanbod’.

#### 4.2.1.1 Forse verbetering van de energie-efficiëntie van het gebouwenpark

Er bestaat in het gebouwenpark nog een groot energiebesparingspotentieel. In het Energiepact<sup>170</sup> stelt men volgende streefcijfers voor 2050 voorop, dewelke voor residentiële gebouwen in lijn liggen met het Renovatiepact 2050<sup>171</sup>. Doelstellingen voor de energieprestatie van het vastgoedpark in België:

---

<sup>170</sup> Visienota - Belgisch Interfederaal Energiepact; een gemeenschappelijke visie voor de energietransitie, [https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/3331/2018/Visienota - BE Interfederaal Energiepact 209.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/3331/2018/Visienota_-_BE_Interfederaal_Energiepact_209.pdf)

<sup>171</sup> Renovatiepact, bis-conceptnota Vlaamse Regering, 17/07/2015, <http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/goedgekeurdeconceptnotaRenovatiepact.pdf>

- Voor de residentiële gebouwen: tegen 2050 voor het geheel van het gebouwenpark een gemiddelde energieprestatiefactor van maximaal 100 kWh/m<sup>2</sup> bereiken<sup>172</sup>.
- In het Renovatiepact vormt het uitgangspunt dat door aanhoudende en geïntensifieerde beleidsinspanningen het bestaande Vlaamse gebouwenpatrimonium geleidelijk aan transformeert naar een energieprestatie van E60-peil (volgens de EPB-score) of het EPC-kengetal gelijk aan 100kWh/m<sup>2</sup>. Zowel prestatieverbeteringen op niveau van de gebouwschil, als op het niveau van de verwarmingsinstallatie leiden tot deze verhoging van de energie efficiëntie. Het Renovatiepact stelt tevens een concreet maatregelenpakket voorop (cf. figuur 8), als alternatief voor de energieprestatie-indicator. Indien dit maatregelenpakket om financiële, technische of regelgevende redenen praktisch niet haalbaar is bij een specifiek gebouw, zal de bouwheer de energieprestatie-indicator nastreven.
- De collectieve sociale woningen bereiken dit niveau reeds tegen 2040.
- Voor de sector handel & diensten wordt er gestreefd naar een volledig energieneutraal gebouwenpark tegen 2050 voor verwarming, productie van sanitair warm water, koeling en verlichting.
- Alle openbare gebouwen zijn energieneutraal tegen 2040.

figuur 8. renovatiepact 2050 - Spoor maatregelenpakket<sup>173</sup>

**Spoor maatregelenpakket:**

Het maatregelenpakket is als volgt samengesteld:

1° maximale U-waarden voor de gebouwschil:

- daken en plafonds:  $U_{max} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- muren:  $U_{max} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- vensters (profielen en beglazing):  $U_{max} = 1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  en  $U_{glas} = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- deuren en poorten (met inbegrip van kader):  $U_{max} = 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- vloeren:  $U_{max} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

2° een verwarmingsinstallatie die bestaat uit:

- condensatieketel of;
- (micro)WKK of;
- verwarmingssysteem op basis van een hernieuwbare energiebron (warmtepomp, ...) of;
- decentrale verwarmingstoestellen met een totaal maximaal vermogen 15 W/m<sup>2</sup> of;
- aangesloten op een efficiënt warmtenet;

en functioneert conform de Europese, Belgische en Vlaamse regelgeving

Deze energie-efficiëntie is onontbeerlijk om de emissies van het gebouwenpark terug te dringen, en draagt bij tot de verbetering van de woonkwaliteit- en comfort. Daarnaast laat het toe om een ruimer pallet aan beschikbare duurzame warmtebronnen te kunnen toepassen. De mogelijkheid om gebruik te kunnen maken van lage-temperatuursystemen is hierbij immers een cruciale stap<sup>174</sup>.

#### 4.2.1.2 Verduurzaming van warmte- en koude productie

Zowel in het Energiepact<sup>170</sup>, alsook in de BBL studie 'Vergroening warmtevoorziening'<sup>174</sup>, streeft men naar een zo hoog mogelijk aandeel van hernieuwbare energie voor warmte- en koude productie in 2050. Meer specifiek stelt men in het Energiepact volgende streefcijfers voorop:

<sup>172</sup> Om de lange termijn doelstellingen vast te leggen in kader van het Renovatiepact, neemt men aan dat het huidige residentiële park een energiescore behaalt van ongeveer 360 kWh/m<sup>2</sup>. Dit is een gemiddelde score afgeleid voor 200 representatieve woningen uit het Vlaamse park. (Bron: VEA, 2016, [http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/RP\\_fase2\\_werf1\\_1\\_11012016presentatie.pdf](http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/RP_fase2_werf1_1_11012016presentatie.pdf))

<sup>173</sup> Inmiddels is de streefwaarde voor de U-waarde van het glas gedaald naar 1,0 W/m<sup>2</sup>.K

<sup>174</sup> Studieopdracht - Naar een vergroening van de warmtevoorziening voor huishoudens in Vlaanderen, september 2017, Kelvin solutions in opdracht van BBL.

- In 2050 verwarmen we onze gebouwen niet meer met behulp van fossiele brandstoffen maar gebruiken we hernieuwbare technologieën zoals warmtepomp, warmtenet, geothermie, zonneboiler, biomassa, biogas of synthetisch gas, enz.
- Vanaf 2035 worden geen nieuwe mazoutketels meer verkocht.
- Het gas dat onze gebouwen, industrie en voertuigen verbruiken, zal voor 80% geproduceerd worden uit hernieuwbare bronnen (biogas of synthetisch gas).

De rol van warmtepompen en warmtenetten (al dan niet gevoed met geothermie, restwarmte, biomassa, zonneboiler, gas ...) dient in de toekomst sterk toe te nemen, zodat warmte en koude voor gebouwen op een duurzame wijze kan worden opgewekt. De streefcijfers aangehaald in de BBL studie zijn:

- Warmtenetten: 40 tot 60% van de residentiële warmtevraag om duurzame warmtebronnen op collectief niveau te ontsluiten.
- Elektrificatie van de warmtevraag via warmtepompen in de overige gebieden (voor ca. 30 - 60% van de warmtevraag) vormt het belangrijkste alternatief voor warmtenetten.

Bovenstaande streefcijfers zijn erg ambitieus<sup>175</sup>, maar belangrijker dan deze exacte cijfers vormt dan ook een robuust en accuraat afwegingskader van technologieën om de warmte- en koude voorziening op lange termijn op lokaal niveau te plannen. Verkennende studies zoals ‘Warmte in Vlaanderen’<sup>176</sup>, waarbij de kosteneffectiviteit van opties voor warmtevoorziening ruimtelijk worden afgewogen, vormen hierbij een eerste aanzet, hoewel het afwegingskader sterker en met groter detail de realiteit (en toekomstige evoluties) dient te weerspiegelen. Het is hierbij tevens cruciaal een duidelijke link te voorzien met ruimtelijke ordening en het lokale beleid. Deze aanpak houdt rekening met omgevingsfactoren, dichtheid en type van gebouwen. Hiertoe, raadt het Energiepact aan om bij nieuwe infrastructuurprojecten (zoals nieuwe wijken) de verschillende mogelijkheden af te wegen (kosten baten analyse), om de meest geschikte bron aan te duiden, rekening houdend met de bestaande infrastructuur en het leefmilieu.

De uitdovende rol van natuurlijk aardgas wordt in de BBL-studie<sup>174</sup> toch ook enigszins genuanceerd, in die zin dat deze brandstof een belangrijke overgangsrol kan innemen in de komende jaren. Daarenboven kan men op lange termijn evolueren naar biogas of synthetisch gas (‘Power-to-gas’). Zo stelt men voor om de komende jaren de uitrol van rendabelere gastechnieken - zoals de gasab(d)sorptie warmtepompen, hybride warmtepompen met gascondensatieketel, gasgestookte warmtepompen of warmtekrachtkoppelingen – toch verder te zetten, zonder dat dit een hypotheek legt op het halen van de energie- en klimaatdoelstellingen op middellange tot lange termijn. Dit laat toe om de nodige, maar langdurende investeringen aan de energie infrastructuur (warmtenetten, elektriciteit, aanpassing netten biogas/synthetisch gas) uit te voeren, en toch dalende emissies in de tussentijd te realiseren. Voor nieuwe verkavelingen en wijkontwikkelingen ontstaat langzaam ook de reflex om af te stappen van de aanleg van aardgasnetten om zo voluit kansen te geven voor duurzame warmtetechnieken (voorbeelden: Niefhout te Turnhout, Nieuw Zuid te Antwerpen, De Oude Dokken te Gent, Licht en Ruimte te Roeselare, enz.)<sup>174</sup>, wat wordt ondersteund door het loslaten van de aansluitbaarheidsdoelstellingen voor aardgas in 2017 binnen Vlaanderen<sup>177</sup>.

<sup>175</sup> Zoals vermeld in secties 3.1.3.1 en 3.5.1.1 schatten de in het kader van deze studie geconsulteerde experts het toepassingspotentieel van warmtenetten lager in (12% werd als richtinggevend cijfer aangenomen).

<sup>176</sup> Warmte in Vlaanderen, VITO, 2015, <http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Warmte-Vlaanderen2015.pdf>

<sup>177</sup> Voordien waren de netbeheerders verplicht om 95% van de woningen in landelijk gebied en 99% in stedelijk gebied, de mogelijkheid te bieden aan te sluiten op het aardgasnet. Deze verplichting werd afgeschaft in maart 2017 (Decreet tot wijziging van het Energiedecreet van 8 mei 2009, wat betreft de aansluitbaarheid op een aardgasdistributienet, Vlaamse overheid, 10 maart 2017, [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi\\_loi/change\\_lg.pl?language=nl&la=N&table\\_name=wet&cn=2017031006](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&table_name=wet&cn=2017031006)



De beschikbaarheid en openbaarheid van data over warmteverbruik, investeringskosten voor nieuwe duurzame warmtebronnen en afschrijving van infrastructuur (bv. gasdistributienetten) werd door de deelnemers aan de workshop aanzien als een belangrijke barrière voor het ontwikkelen van een beleidsvisie op de lange termijn. Zo werd bv. aangehaald dat de beschikbare EPC gegevens voor bestaande gebouwen een ontoereikend beeld geven over het werkelijke energiegebruik in deze gebouwen. Een goed beleid kan pas tot stand komen op basis van het ter beschikken stellen en op elkaar afstemmen van data die nu door verschillende actoren beheerd worden, o.a. de distributienetbeheerders (die over veel data i.v.m. warmtevraag beschikken) en kennisinstellingen (o.a. VITO die de Energiebalans voor Vlaanderen opmaakt).

Naast visievorming speelt ook de prijszetting van energiedragers een belangrijke overkoepelende rol als aanjager van de 'systeembouwmotor'. Het economisch aantrekkelijker maken van groene warmte door het gebruik van fossiele brandstoffen duurder te maken werd gezien als een onontbeerlijke stap om een groter marktaandeel voor groene warmte te creëren. In dit opzicht wordt veel verwacht van het voorstel tot het invoeren van een CO<sub>2</sub>-heffing voor de niet-ETS sectoren dat momenteel op federaal niveau besproken wordt (binnen het meer algemene kader van een duurzame taxshift). Er moet daarbij ook voldoende aandacht zijn voor de impact van deze taxshift op huishoudens of bedrijven die omwille van technische of financiële redenen moeilijk de overstap naar een groen alternatief kunnen maken (bv. bedrijven met een hoge warmtevraag die momenteel nog niet door warmtepompen kan worden ingevuld, of gezinnen in energiearmoede).

Energiebesparing vormt de hoeksteen van het transitietraject 'verduurzaming van de voorziening van lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving'. De deelnemers aan de workshop verwezen vooral naar het in voege zijnde Renovatiepact en de acties die in het kader van dit pact ondernomen worden. Er werd vooral gewezen op de enorme uitdaging om de renovatiesnelheid van het bestaande gebouwenpark aan te pakken, die de laatste jaren tussen de 0,5% tot 1% schommelt. Om die transitieuitdaging aan te gaan moet deze snelheid volgens de deelnemers aan de workshop minstens verdubbeld worden. Verschillende ideeën voor een betere 'ontzorging' van huiseigenaars werden geopperd, bv. het aanwenden van de 'woningpas' – een concept dat momenteel in het kader van het Renovatiepact wordt uitgewerkt – om voor elke woning een passend energetisch renovatietraject (rekening houdend met de geldende beleidsvisies op verschillende niveaus – zie boven) uit te zetten. Bij verkoop van de woning kan aan de nieuwe eigenaars de verplichting opgelegd worden om bepaalde stappen van dit renovatietraject binnen een gepaste termijn (bv. 5 jaar) uit te voeren. Het concept 'ontzorging' zou verder ook nog de acties van een 'derde partij' kunnen omvatten, die in opdracht van de huiseigenaar het hele renovatietraject coördineert en implementeert. Een meer radicaal idee zou zijn om het kadastraal inkomen aan te passen aan de energieprestatie van de woning, ook rekening houdend met de locatie van de woning. Een betere energieprestatie zou dan beloond kunnen worden door een lager kadastraal inkomen. Dit zou een sterke incentive kunnen creëren voor huishoudens om te investeren in energiebesparing.

De nog overblijvende warmtevraag moet ingevuld worden door duurzame warmtebronnen. In principe zijn er drie mogelijkheden: warmtenetten (gevoed door restwarmte of duurzame bronnen zoals biomassa of geothermie), de 'all-electric' oplossing (warmtepompen) of individuele verwarming op basis van biomassa of groen gas. De uitrol van warmtenetten op grote schaal stoot aan tegen diverse barrières voor de verschillende betrokken partijen, gaande van de bewoners (particuliere afnemers) tot de warmteproducenten en financiers. Dit verklaart waarom de deelnemers aan de workshop veel potentieel zien in de rol van een 'warmtemakelaar'. Deze warmtemakelaar zou actief op zoek gaan naar mogelijke warmtebronnen die op een warmtenet kunnen aangesloten worden (bv. restwarmte uit de industrie), en probeert die

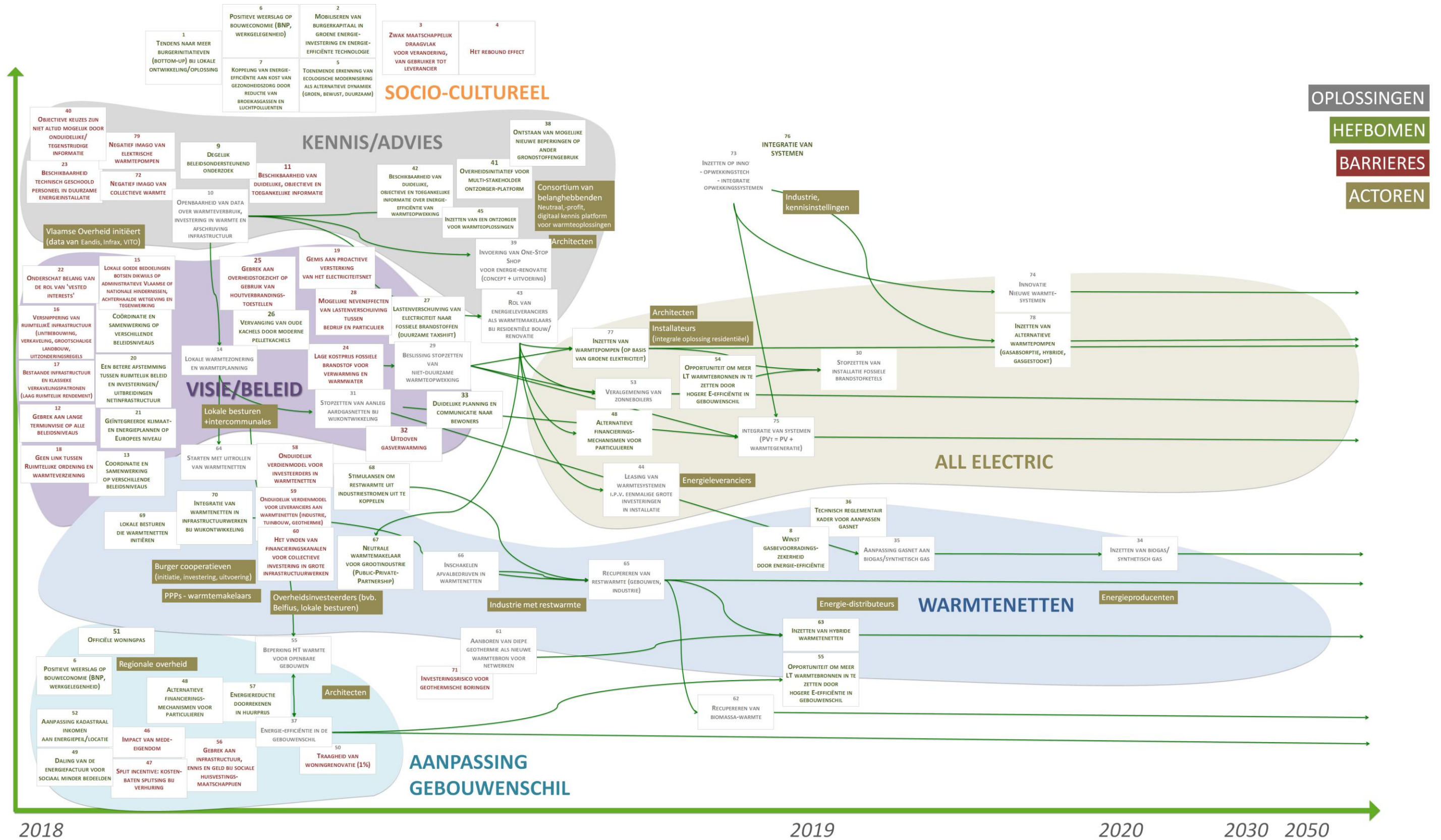


bronnen te koppelen aan mogelijke afnemers, en op deze basis alle betrokken partijen rond de tafel te brengen om te zoeken naar voor iedereen aanvaardbare oplossingen. De 'all-electric' oplossing is vooral van toepassing op nieuwbouwwoningen of bestaande woningen die grondig energetisch gerenoveerd werden, en waar de aanleg van een warmtenet niet haalbaar blijkt. Toch merken de deelnemers aan de workshop op dat ook binnen de huidige EPB-regelgeving voor nieuwbouw in de grote meerderheid van de gevallen gekozen wordt voor een condenserende gasketel als verwarmingsbron. Ze zien een belangrijke rol weggelegd voor de overheid door voor nieuwe gebouwen waar geen collectieve oplossing mogelijk is (warmtenet) de EPB-normen aan te scherpen en een verplichting tot het gebruik van een warmtepomp op te leggen. Voor gebouwen die niet op een warmtenet kunnen aangesloten worden, en waar geen mogelijkheid is om tot een 'all-electric' oplossing over te gaan, moet tenslotte gedacht worden aan oplossingen zoals warmtevoorziening op basis van groen gas of duurzame biomassa. Ook hier dringen beleidsmaatregelen gebaseerd op een duidelijke visie zich op, bv. met betrekking tot het aanpassen van het gasnetwerk (op die plaatsen waar dat noodzakelijk is) voor het gebruik van groen gas, of het uitfaseren van onduurzame vormen van verwarming op basis van biomassa (bv. verouderde houtverbrandingstoestellen).





figuur 9: transitiepad voor lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving





de bouw- en engineeringsector moet voldoende jobs met voldoende opleiding kunnen invullen en de gevraagde materialen en installaties dienen zoveel mogelijk binnen de landsgrenzen (of binnen de EU) worden geproduceerd<sup>178</sup>.

[HEFBOOM VOOR LEGITIMERING (KT)]

“KOPPELING VAN ENERGIE-EFFICIËNTIE AAN KOST VAN GEZONDHEIDSZORG DOOR REDUCTIE VAN BROEIKASGASSEN EN LUCHTPOLLUENTEN” (7)

“WINST GASBEVOORRADINGSZEKERHEID DOOR ENERGIE-EFFICIËNTIE” (8)

De investeringen in energie-efficiëntie en groene warmte leiden tot een reductie van zowel broeikasgassen als luchtpolluenten, wat zich vertaalt in een gunstige impact op het milieu en op de gezondheid. De verminderde uitstoot van fijn stof en de verbetering van de kwaliteit van de binnenlucht zal de kost van de gezondheidszorg doen afnemen. Het becijferen van deze bijkomende gunstige impact op de kost van de gezondheidszorg kan de overheid ook bijkomende legitimering verschaffen voor hogere beleidsambities. Daarnaast heeft een verhoging van de energie-efficiëntie ook een gunstige impact op de bevoorradingszekerheid (en dus op de handelsbalans en de onafhankelijkheid van buitenlandse leveranciers), iets wat ook als legitimerende factor kan uitgespeeld worden.

4.2.3.2 Strategisch beleid (planning)

[HEFBOOM – KENNISONTWIKKELING (KT)]

“DEGELIJK BELEIDSONDERSTEUNEND ONDERZOEK” (9)

De deelnemers aan de workshop wezen op de noodzaak aan uitgebreid beleidsondersteunend onderzoek om de visievorming op lange termijn (zie verder) te ondersteunen. Dergelijk ondersteunend onderzoeksmateriaal is nu nog maar in beperkte mate aanwezig. Er is dringend nood aan gedegen wetenschappelijk onderzoek (=hefboom) dat moet helpen bij het beantwoorden van de centrale beleidsvraag<sup>174</sup>: *“Welke duurzame warmteconcepten zijn voor de residentiële warmte- en koude vraag het meest kansrijk voor de verschillende stedenbouwkundige types die Vlaanderen telt, rekening houdend met de economische, ecologische, sociale en praktische impact?”*.

[BARRIÈRE – KENNISUITWISSELING (KT)]

“OPENBAARHEID VAN DATA OVER WARMTEVERBRUIK, INVESTERING IN WARMTE EN AFSCHRIJVING INFRASTRUCTUUR” (10)

“BESCHIKBAARHEID VAN DUIDELIJKE, OBJECTIEVE EN TOEGANKELIJKE INFORMATIE” (11)

De beschikbaarheid en openbaarheid van data over warmteverbruik, investeringskosten voor nieuwe duurzame warmtebronnen en afschrijving van infrastructuur (bv. gasdistributienetten) werd door de deelnemers aanzien als een belangrijke barrière voor het ontwikkelen van een beleidsvisie op de lange termijn. Zo werd bv. aangehaald dat de beschikbare EPC gegevens voor bestaande gebouwen een ontoereikend beeld geven over het werkelijke energiegebruik in deze gebouwen. Een goed beleid kan pas tot stand komen op basis van het ter beschikken stellen en op elkaar afstemmen van data die nu door verschillende actoren beheerd worden, o.a. de distributienetbeheerders (die over veel data i.v.m. warmtevraag beschikken) en kennisinstellingen (o.a. VITO die de energiebalans opmaakt).

---

<sup>178</sup> The macro-level and sectoral impacts of Energy Efficiency policies, Cambridge Econometrics Ltd, 2017 under authority of DG ENER, [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/the\\_macro-level\\_and\\_sectoral\\_impacts\\_of\\_energy\\_efficiency\\_policies.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/the_macro-level_and_sectoral_impacts_of_energy_efficiency_policies.pdf)

[BARRIÈRE – RICHTING GEVEN AAN ZOEKPROCES (KT)]

“GEBREK AAN LANGE TERMIJNVISIE OP ALLE BELEIDSNIVEAUS” (12)

“COÖRDINATIE EN SAMENWERKING OP VERSCHILLENDE BELEIDSNIVEAUS” (13)

Alle deelnemers aan de workshop waren van mening dat een goed Vlaams beleid op gebied van verduurzaming van de lage temperatuurwarmte en koude voorziening in de gebouwde omgeving enkel vorm kan krijgen binnen het kader van een lange termijnvisie met duidelijke keuzes. Deze visie moet verder gaan dan de nu in het warmteplan opgenomen horizon van 2020 (=barrière). Zulke keuzes gaan o.a. over<sup>174</sup>:

- Welke energienetwerken we specifiek in de verschillende Vlaamse buurttypologieën nog zien voorkomen.
- Op welke strategische warmtebronnen wordt de focus gelegd ten koste van andere warmtebronnen.
- Welk niveau van energierenovatie wordt geambieerd voor de bestaande bouw (zie ook het Renovatiepact).
- Op welke locaties en met welk programma er nog vastgoed mag ontwikkeld worden.

Het gebrek aan een langetermijnvisie op lokaal, regionaal en nationaal niveau staat een (ruimtelijke) planning van duurzame warmte- en koude productie in de weg, met mogelijke lock-in effecten tot gevolg. De lange investeringscycli bij energie-infrastructuur vraagt om ingrijpende beleidsmaatregelen en -planning met het oog op 2030 en 2050. Een duidelijke link met ruimtelijke ordening en lokaal beleid zijn volgens de deelnemers aan de workshop cruciaal om een geschikte strategie te kiezen rekening houdend met omgevingsfactoren, densiteit en type van gebouwen.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN ZOEKPROCES (KT)]

“LOKALE WARMTEZONERING EN WARMTEPLANNEN” (14)

“LOKALE GOEDE BEDOELINGEN BOTSEN DIKWILS OP ADMINISTRatieve VLAAMSE OF NATIONALE HINDERNISSEN, ACHTERHAALDE WETGEVING EN TEGENWERKING” (15)

“COÖRDINATIE EN SAMENWERKING OP VERSCHILLENDE BELEIDSNIVEAUS” (13)

In de transitie naar een duurzame lage temperatuur warmte- en koude voorziening in de gebouwde omgeving is een belangrijke rol weggelegd voor lokale besturen (=hefboom). Lokale overheden zijn het best geplaatst om de lokale sociale, omgevings- en economische aspecten aan te voelen. Bovendien hebben veel groene warmtetechnologieën een lokaal karakter en actieradius, bv. in het geval van een bodemgekoppelde warmtepomp, een lokale keten voor energetische biomassavalorisatie of industriële restwarmtevalorisatie. Vanuit deze overwegingen lijkt het subsidiariteitsbeginsel dus te spelen in het voordeel van de lokale overheden<sup>174</sup>, die bv. de verantwoordelijkheid voor het uitwerken van lokale warmtezoneringssystemen (op basis van een lokaal afwegingskader, afgestemd op de overkoepelende lange termijnvisie) kunnen toegewezen krijgen. Daartegenover staat dat lokale ‘goede bedoelingen’ dikwijls botsen op administratieve hindernissen, achterhaalde wetgeving en tegenwerking. De inflexibiliteit van bestaande regelgeving staat innovaties vaak in de weg (= barrière).

[BARRIÈRE/HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN ZOEKPROCES (KT)]

“VERSNIJPERING VAN RUIMTELIJKE INFRASTRUCTUUR (LINTBEBOUWING, VERKAVELING, GROOTSCHALIGE LANDBOUW, UITZONDERINGSREGELS BETONSTOP)” (16)

“BESTAANDE INFRASTRUCTUUR EN KLASSIEKE VERKAVELINGSPATRONEN (LAAG RUIMTELIJK RENDEMENT)” (17)

“GEEN LINK TUSSEN RUIMTELIJKE ORDENING EN WARMTEVOORZIENING” (18)

“GEMIS AAN PROACTIEVE VERSTERKING VAN HET ELEKTRICITEITSNET” (19)

“EEN BETERE AFSTEMMING TUSSEN RUIMTELIJK BELEID EN INVESTERINGEN/UITBREIDINGEN NETINFRASTRUCTUUR” (20)



Een betere afstemming tussen ruimtelijk beleid en investeringen/uitbreidingen van de energie-infrastructuur dringt zich op. Energie-infrastructuur uitbouwen naar erg disperse energieproductie is erg duur en maatschappelijk suboptimaal; een betere afstemming tussen ruimtelijk beleid (clustering) en de investeringen in/uitbreidingen van de energie-infrastructuur kan maatschappelijke kosten sterk beperken (= hefboom). Ruimtelijke versnippering als gevolg van lintbebouwing, verkaveling, uitzonderingsregels voor de betonstop enz. maakt deze opdracht er echter niet gemakkelijker op. Het klassieke verkavelingspatroon staat een verdichting van woonwijken met meer compacte, energie-efficiënte woningbouw in de weg. De strenge regels staan in de weg van een doorgedreven ruimtelijke optimalisatie, met o.a. een verbetering van energie-efficiëntie tot gevolg<sup>179</sup>. De erfenis van 50 jaar ruimtelijk (non-)beleid in Vlaanderen zorgt voor een belangrijke hinderpaal bij het zoeken van een synergie tussen ruimtelijk beleid en energie-infrastructuur (= barrière).

[HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN ZOEKPROCES (KT)]

“GEÏNTEGREERDE KLIMAAT- EN ENERGIEPLANNEN OP EUROPEES NIVEAU” (21)

De geïntegreerde klimaat- en energieplannen die door het EU-beleidsniveau worden opgelegd (in het kader van de energie- en klimaatdoelstellingen voor 2030) kunnen als scharniermoment worden aangewend om een geïntegreerde lange termijnvisie, evenals bijhorende beleidsmaatregelen, met de verschillende beleidsniveaus uit te werken.

[BARRIÈRE VOOR LEGITIMERING (KT)]

“VESTED INTERESTS” (22)

Er staat voor heel wat actoren veel op het spel als warmtesystemen moeten veranderen. Weerstand kan zeker verwacht worden door spelers met ‘vested interests’ in traditionele verwarmings- en koelings-technieken.

4.2.3.3 Operationeel beleid

Hier bespreken we enkel de operationele beleidsmaatregelen die overkoepelend werken; beleid gericht op specifieke clusters wordt onder de desbetreffende cluster besproken.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – MOBILISEREN VAN MIDDELEN (KT)]

“BESCHIKBAARHEID TECHNISCH GESCHOOLD PERSONEEL IN DUURZAME ENERGIE-INSTALLATIE” (23)

De beschikbaarheid van technisch geschoold personeel voor de installatie van nieuwe technologieën op gebied van groene warmte en koeling wordt als een barrière aanzien. De bouw- en engineering sector moet nieuwe job profielen met een toenemende technische kennis kunnen invullen. De overheid kan hier de nodige stimulans geven door bepaalde technische richtingen te promoten (= hefboom).

[BARRIÈRE - MARKTVORMING (KT)]

“LAGE KOSTPRIJS FOSSIELE BRANDSTOFFEN VOOR VERWARMING EN WARMWATER” (24)

Eén van de hoofdredenen waarom duurzame warmte vandaag in Vlaanderen niet sterker doorbreekt is toe te schrijven aan de lage prijs van fossiele brandstoffen, en in het bijzonder dan de relatief lage eindprijs van aardgas. De werkelijke kosten van verwarming op basis van fossiele brandstoffen (inclusief de externe kosten) worden onvoldoende aan de eindgebruikers doorgerekend. Bovendien zijn de eindprijzen voor

---

<sup>179</sup> De rol van ruimtelijke ordening in de energie- en klimaattransitie, Tractebel en Futureproofed in opdracht van Departement Omgeving, 2017.

aardgas voor een Vlaams gezin de afgelopen jaren nog gedaald (onder invloed van een dalende commodity-prijs). Specifiek voor warmtepompen is er momenteel een situatie ontstaan waarbij de rentabiliteit van een warmtepomp ten gevolge van de stijgingen van de elektriciteitsfactuur (voornamelijk op het gebied van heffingen en openbare dienstverplichtingen) lager is dan de op aardgas gebaseerde oplossing (condenserende ketel).

#### [BARRIÈRE/HEFBOOM - MARKTVORMING (KT)]

“GEBREK AAN OVERHEIDSTOEZICHT OP GEBRUIK VAN HOUTVERBRANDINGSTOESTELLEN” (25)

“VERVANGING VAN OUDE KACHELS DOOR MODERNE PELLETKACHELS” (26)

Verwarming op basis van duurzame biomassa (bv. houtpellets) is volgens sommige deelnemers aan de workshop een vorm van groene warmte die we niet zomaar mogen over het hoofd zien. Het probleem met het verwarmen van huizen op basis van biomassa is momenteel dat particuliere gebruikers vaak onwetend zijn m.b.t. het correct gebruik van kachels en de milieu-impact van stoken met hout in oude kachels. Moderne pellet kachels zijn veel milieuvriendelijker dan oude kachels, maar er is een compleet gebrek aan overheidstoezicht op het gebruik van houtverbrandingstoestellen (= barrière). De overheid zou dringend een campagne moeten opstarten om het gebruik van oude kachels op termijn (bv. binnen 5 jaar) te verbieden en vervanging door meer duurzame verwarmingsvormen te stimuleren (= hefboom).

#### [HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“LASTENVERSCHUIVING VAN ELEKTRICITEIT NAAR FOSSIELE BRANDSTOFFEN (DUURZAME TAXSHIFT)” (27)

“MOGELIJKE NEVENEFFECTEN VAN LASTENVERSCHUIVING TUSSEN BEDRIJVEN EN PARTICULIEREN” (28)

Het economisch aantrekkelijker maken van groene warmte door het gebruik van fossiele brandstoffen duurder te maken werd gezien als een onontbeerlijke stap om een groter marktaandeel voor groene warmte te creëren. In dit opzicht wordt veel verwacht van het voorstel tot het invoeren van een CO<sub>2</sub>-heffing voor de niet-ETS sectoren dat momenteel op federaal niveau besproken wordt (binnen het meer algemene kader van een duurzame taxshift). Er moet daarbij ook voldoende aandacht zijn voor de impact van deze taxshift op huishoudens of bedrijven die omwille van technische of financiële redenen moeilijk de overstap naar een groen alternatief kunnen maken (bv. bedrijven met een hoge warmtevraag die momenteel nog niet door warmtepompen kan worden ingevuld, of gezinnen in energiearmoede). Daarnaast is te verwachten dat een verminderde vraag naar fossiele brandstoffen op zijn beurt zal leiden tot lagere energieprijzen. De bewaking van een voldoende stimulans naar meer energie-efficiëntie en de installatie van duurzame warmtetechnologieën blijft dus een belangrijk aandachtspunt. Een progressief evoluerende heffing zou hierop kunnen anticiperen.

#### [BARRIÈRE/HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN HET ZOEKPROCES (MT)]

“BESLISSING STOPZETTING VAN NIET-DUURZAME WARMTEOPWEKKING” (29)

“STOPZETTEN VAN INSTALLATIE FOSSIELE KETELS” (30)

“STOPZETTEN VAN AANLEG AARDGASNETTEN BIJ WIJKONTWIKKELING” (31)

“UITDOVEN GASVERWARMING” (32)

“DUIDELIJKE PLANNING EN COMMUNICATIE NAAR BEWONERS” (33)

De overheid moet in het kader van het operationaliseren van de lange termijnvisie ook duidelijke keuzes in wetgeving verankeren. Een verbod op het installeren van verwarmingsinstallaties op stookolie dringt zich volgens de deelnemers aan de workshop prioritair op. Meer problemen worden voorzien bij het uitdoven van verwarming op gas (=barrière). Daar waar er bij nieuwbouwontwikkelingen instrumenten ter beschikking zijn om de aanleg van gasnetten te vermijden, is er voor de bestaande gebouwde omgeving een lacune in het beleid. Consumenten die op het gasnet zijn aangesloten kunnen vanwege het energie-decreet niet afgekoppeld worden tenzij om redenen i.v.m. veiligheid of vastgestelde fraude. Het gevolg is



#### [HEFBOOM VOOR ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

“ROL VAN ENERGIELEVERANCIERS ALS WARMTEMAKELAARS BIJ RESIDENTIËLE BOUW/RENOVATIE” (43)

“LEASING VAN WARMTESYSTEMEN I.P.V. EENMALIGE GROTE INVESTERINGEN IN INSTALLATIE” (44)

“INZETTEN VAN EEN ONTZOGER VOOR WARMTE- EN KOELINGSOPLOSSINGEN” (45)

Gestimuleerd door ambitieuze en helder gestelde beleidsdoelen kunnen nieuwe spelers (zoals bv. de energieleveranciers) zich met nieuwe businessmodellen op de markt van energetische renovaties lanceren. Zo kan het bv. in de toekomst mogelijk zijn dat deze spelers zich opstellen als leveranciers van warmte- en/of koelingsdiensten (een ‘warmte- en/of koelingsmakelaar’), i.p.v. als verkopers van verwarmings- of koelinstallaties. Dergelijke leverancier van warmte- en koelingsdiensten kiest dan de combinatie van de meest geschikte verwarmings- en/of koelingstechnieken aangepast aan het gebouw, de noden/wensen van de gebruiker en het beleidskader (ook op de lange termijn – zie boven), en blijft daarbij zelf eigenaar van die technieken. De warmte- en/of koelingsdienst wordt dan onder de vorm van bv. een leasingcontract aangeboden.

#### [BARRIÈRE VOOR MOBILISEREN VAN MIDDELEN (KT)]

“IMPACT VAN MEDE-EIGENDOM” (46)

De uitvoering van energiebesparende maatregelen of investeringen voor een (collectieve) groene warmte- en/of koude voorziening bij appartementen in mede-eigendom verloopt minder vanzelfsprekend, gezien verschillende eigenaars samen moeten beslissen over een gezamenlijke investering.

#### [BARRIÈRE VOOR MOBILISEREN VAN MIDDELEN (KT)]

“SPLIT INCENTIVE: KOSTEN-BATEN SPLITSING BIJ VERHURING” (47)

Het is een gekend probleem dat de huurmarkt moeilijk bereikt wordt door bestaande stimuli om energie-efficiëntie of groene warmte te promoten, gezien de eigenaar van het gebouw de baten van de renovatie niet ontvangt, tenzij door de huurprijs te verhogen (het zogenaamde ‘split incentive’ probleem), wat dan weer voor krapte op de huurmarkt zorgt voor woningen in het lagere huurprijssegment.

#### [HEFBOOM VOOR MOBILISEREN VAN MIDDELEN (KT)]

“ALTERNATIEVE FINANCIERINGSMECHANISMES VOOR PARTICULIEREN” (48)

“DALING VAN DE ENERGIEFACTUUR VOOR SOCIAAL MINDERBEDEELDEN” (49)

Specifiek voor het probleem van de ‘upfront costs’ (de hoge initiële investeringskost die zich slechts na verloop van jaren door besparingen op de energiefactuur terugbetaalt) bij een diepgaande energetische renovatie kan de overheid het systeem van een ‘rollend fonds’ in het leven roepen. Zeker voor sociaal minderbedeelden kan dit systeem een oplossing bieden. Dit rollend fonds kan gefinancierd worden vanuit de opbrengsten van de mogelijk toekomstige CO<sub>2</sub>-heffing (zie boven).

#### [BARRIÈRE VOOR MARKTVORMING (KT)]

“TRAAGHEID VAN WONINGRENOVATIE” (50)

Er werd vooral gewezen op de enorme uitdaging om de renovatiesnelheid van het bestaande gebouwenpark aan te pakken, die de laatste jaren tussen de 0,5% tot 1% schommelt<sup>180</sup>. Om de transitie-uitdaging aan te gaan moet deze snelheid volgens de deelnemers aan de workshop minstens verdubbeld worden.

---

<sup>180</sup> Het gaat hierbij om vergunde renovaties, die niet allemaal energetisch zijn. Tegelijkertijd zijn er ook veel andere energetische renovaties die niet vergunningsplichtig zijn. Het gaat hier dus om een ruwe inschatting.



[HEFBOOM VOOR MARKTVORMING (KT)]

“OFFICIËLE WONINGPAS” (51)

Het concept van de ‘woningpas’, dat momenteel in het kader van het Renovatiepact wordt uitgewerkt, kan aangewend worden om voor elke woning een passend energetisch renovatietraject (rekening houdend met de geldende beleidsvisies op verschillende niveaus – zie boven) uit te zetten. Bij verkoop van de woning kan aan de nieuwe eigenaars de verplichting opgelegd worden om bepaalde stappen van dit renovatietraject binnen een gepaste termijn (bv. 5 jaar) uit te voeren.

[HEFBOOM VOOR MARKTVORMING (KT)]

“AANPASSING KADASTRAAL INKOMEN AAN ENERGIEPEIL/LOCATIE” (52)

Een radicaal idee zou kunnen zijn om het kadastraal inkomen aan te passen aan de energieprestatie van de woning, ook rekening houdend met de locatie van de woning. Een betere energieprestatie zou dan beloond kunnen worden door een lager kadastraal inkomen. Dit zou een sterke incentive kunnen creëren voor huishoudens om te investeren in energiebesparing.

[HEFBOOM VOOR MARKTVORMING (KT)]

“VERALGEMENING ZONNEBOILERS” (53)

De deelnemers aan de workshop waren van mening dat het gebruik van zonneboilers algemeen moet opgelegd worden, bv. via EPB regelgeving.

[HEFBOOM VOOR MARKTVORMING (KT)]

“OPPORTUNITEIT OM MEER LT WARMTEBRONNEN IN TE ZETTEN DOOR HOGERE E-EFFICIËNTIE IN GEBOUWENSCHIL” (54)

Energetisch efficiënte gebouwen (diepgaande renovatie of nieuwbouw) bieden technisch gezien de opportuniteit om over te gaan op verwarming met behulp van LT warmtebronnen (warmtepompen, 4<sup>e</sup> generatie warmtenet).

[BARRIÈRE/HEFBOOM VOOR MARKTVORMING (KT)]

“BEPERKING HT WARMTE VOOR OPENBARE GEBOUWEN” (55)

“GEBREK AAN INFRASTRUCTUUR, KENNIS EN GELD BIJ SOCIALE HUISVESTINGSMATSCHAPPIJEN” (56)

“ENERGIEREDUCTIE DOORREKENEN IN HUURPRIJS” (57)

De publieke sector (openbare gebouwen) kan via een ambitieus renovatieprogramma een voorbeeldfunctie opnemen. Daarnaast kan de sociale woningsector zich als ‘launching customer’ op de markt voor diepgaande energetische renovaties lanceren. Een voorwaarde is evenwel dat de verbeterde (energetische) kwaliteit van de woning na de renovatie in de huurprijs mag doorgerekend worden (wat nu niet het geval is) (= hefboom). Deze verhoogde huurprijs wordt ruimschoots gecompenseerd door besparingen op de energiefactuur. Sociale huisvestingsmaatschappijen hebben doorgaans niet de instelling noch de middelen om nieuwe ideeën te verkennen (= barrière). Hier is dus een belangrijke rol voor de overheid weggelegd.



#### 4.2.3.5 Warmtenetten

tabel 61: wensen en knelpunten van betrokken partijen bij de ontwikkeling van warmtenetten

Direct betrokken partijen*	Wensen, belangen	Belangrijkste knelpunten
a. Producenten van industriële restwarmte	Energiebesparing; Probleemloze bestemming voor restwarmte.	Warmte-uitkoppeling past niet in primair proces; Levering niet rendabel.
b. Producenten van geothermie en WKO	Ruime afzetmogelijkheden; Afdekken risico putboring.	Hoog risico op tegenvallende putprestaties; Weinig informatie over diepe ondergrond (>3km).
c. Ontwikkelaars en exploitanten van warmtetransportnetten	Duidelijkheid over toekomstig aanbod en vraag van warmte; Helder verdienmodel.	Gebrek aan financiers van investering in transportnetten.
d. Glastuinbouwbedrijven (als afnemers én producenten van warmte)	Flexibel warmte-aanbod; Mogelijkheid voor in- en verkoop van warmte.	Warmtenet ontbreekt.
e. Leveranciers (en distributeurs) van warmte	Redelijk rendement; Tevreden klanten.	Laag rendement.
f. Particuliere en commerciële afnemers (eindverbruikers) van warmte	Acceptabele warmteprijs; Betalen voor eigen verbruik; Goede service.	Weinig vertrouwen; Gebonden aan 1 leverancier; Denken te veel te betalen; Regelmatig slechte service.

#### [BARRIÈRE - ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

“ONDUIDELIJK VERDIENMODEL VOOR INVESTEERDERS IN WARMTENETTEN” (58)

“ONDUIDELIJK VERDIENMODEL VOOR LEVERANCIERS AAN WARMTENETTEN” (59)

“HET VINDEN VAN FINANCIERINGSKANALEN VOOR COLLECTIEVE INVESTERINGEN IN GROTE INFRASTRUCTUURWERKEN” (60)

In de studie “Toekomstbeeld Klimaatneutrale warmtenetten in Nederland”<sup>181</sup> geeft men aan dat de uitrol van warmtenetten op grote schaal aanstoot tegen diverse barrières voor de verschillende betrokken partijen, gaande van de bewoners (particuliere afnemers) tot de warmteproducenten. Deze barrières, maar ook hun wensen en belangen (opportuniteiten) worden in bovenstaande tabel weergegeven. Uit deze inventarisatie komen knelpunten en tegenstrijdige belangen naar voren die het realiseren van duurzame warmtenetten in de weg kunnen staan.

#### [HEFBOOM - ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

“AANBOREN VAN DIEPE GEOTHERMIE ALS NIEUWE WARMTEBRON VOOR NETWERKEN” (61)

“RECUPEREREN VAN BIOMASSA-WARMTE” (62)

“INZETTEN VAN HYBRIDE WARMTENETTEN” (63)

Wat technologische innovatie betreft is vooral de evolutie naar de zogenaamde 4<sup>e</sup> generatie warmte- en koude netten van belang voor Vlaanderen. Deze 4<sup>e</sup> generatie thermische netten bieden warmte (en soms koude) aan op meerdere temperatuurniveaus (met inbegrip van lage temperatuurwarmte), doen vooral een beroep op duurzame bronnen, en integreren verschillende types bronnen binnen hetzelfde warmtenet. De Vlaamse overheid kan via het ter beschikking stellen van innovatiefondsen de ondernemersactiviteiten op het gebied van de ontwikkeling van 4<sup>e</sup> generatie warmtenet-technologie en business modellen stimuleren, bv. via het opzetten van ‘living labs’ of proeftuinen.

<sup>181</sup>Toekomstbeeld - Klimaatneutrale warmtenetten in Nederland, PBL, 2017, <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-toekomstbeeld-klimaatneutrale-warmtenetten-in-nederland-1926.pdf>



zonnepanelen met zonnewarmtecollectoren), PV gecombineerd met een elektrische boiler, warmtepompen aangesloten op een 4<sup>e</sup> generatie warmtenet, enzovoort. De Vlaamse overheid kan innovatie op het gebied van de ontwikkeling van technologie en businessmodellen voor dergelijke integrale oplossingen stimuleren, bv. via het opzetten van 'living labs' of proeftuinen.

#### [HEFBOOM - MARKTVORMING (KT)]

##### "INZETTEN VAN WARMTEPOMPEN (OP BASIS VAN GROENE ELEKTRICITEIT)" (77)

Jaarlijks worden in Vlaanderen slechts ongeveer 6.000 warmtepompen geïnstalleerd, in vergelijking met 220.000 condenserende gasketels. Ook binnen de huidige EPB-regelgeving voor nieuwbouw wordt in de grote meerderheid van de gevallen gekozen voor een condenserende gasketel als verwarmingsbron<sup>183</sup>. De overheid kan hierin een belangrijke rol spelen door voor nieuwe gebouwen waar geen collectieve oplossing mogelijk is (warmtenet) de EPB-normen aan te scherpen en een verplichting tot het gebruik van een warmtepomp op te leggen waar dit economisch haalbaar is.

#### [HEFBOOM - MARKTVORMING (MT)]

##### "INZETTEN VAN ALTERNATIEVE WARMTEPOMPEN" (78)

Voor bestaande gebouwen die aangesloten zijn op het gasnetwerk en waar een warmtepomp geen haalbare optie is kan de overheid via verstrengende normering de eis opleggen om bij vervanging van de bestaande ketel over te gaan op een meer duurzame technologie zoals de hybride warmtepomp of de gasadsorptie warmtepomp.

#### [BARRIÈRE - LEGITIMERING (KT)]

##### "NEGATIEF IMAGO WARMTEPOMPEN" (79)

Elektrische warmtepompen hebben vaak een negatief imago. Berichten over te lage verwarmingscapaciteit van de dure installaties en hogere elektriciteitslasten dan voorgespiegeld vormen hiertoe een voedingsbodem.

## 4.3 Verduurzaming van het energieaanbod en voorziening van hoge temperatuurwarmte in de industrie

### 4.3.1 Visie 2050

Op Europees niveau (akkoord van Parijs) is overeengekomen om tegen 2050 de BKG emissies **met 80 tot 95% te verminderen** in vergelijking met 1990. Het EU stappenplan naar een koolstofarme economie<sup>184</sup> voorziet dat alle lidstaten van de Europese Unie **een solidaire bijdrage** leveren voor het bereiken van deze doelstelling. Het EU stappenplan stelt verder dat een quasi volledig CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteitsvoorziening in 2050 een noodzaak is in het kader van de Europese klimaatdoelstellingen op de lange termijn. Afhankelijk van het scenario moeten **hernieuwbare energiebronnen 64% tot 97% van de elektriciteit in 2050** leveren. Hierbij is het echter belangrijk op te merken dat het laagste percentage (64%) uitgaat van een belangrijke bijdrage van kernenergie en koolstofafvang en -opslag aan de EU elektriciteitsproductie. Vermits we ervan uitgaan dat deze technologieën geen rol zullen spelen in het Vlaamse energiesysteem in 2050 zullen de te

<sup>183</sup> Communicatie tijdens de workshop. De cijfers uit de hernieuwbare energiebalans van 2016 bevestigen deze stelling: in de residentiële nieuwbouw werden dat jaar 2.332 warmtepompsystemen geïnstalleerd, op een totaal aantal nieuwbouwwoningen dat in Vlaanderen rond de 40.000 per jaar schommelt.

<sup>184</sup> [www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20110885.do](http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20110885.do), geraadpleegd op 8/9/2017.





Wat de inzet van specifieke technologieën betreft wordt veel verwacht van de ontwikkeling van offshore windenergie op het Belgische deel van de Noordzee en daarbuiten. Op de lange termijn wordt veel verwacht van de ontwikkeling van een modulair net of 'stopcontact op zee'. Dit houdt in dat windmolenparken in de Noordzee aangesloten worden op een hoogspanningsstation dat op een platform in zee kan worden gebouwd. Op lange termijn zal dit modulaire net dan worden aangesloten op een internationaal platform door middel van gelijkstroomverbindingen, waarmee grotere vermogens op langere afstanden vervoerd kunnen worden. Er is sprake van een totaal potentieel van 150-250 GW windenergie op de Noordzee. Met deze verbindingen kan windenergie ook opgeslagen worden in daarvoor voorziene infrastructuur (bv. energie-atollen) of omgezet in waterstof bij periodes van overaanbod. Dit nieuwe net in de Noordzee zou dus zelfs bij windstilte de bevoorradingszekerheid kunnen verzekeren. Op de lange termijn zou er zelfs sprake kunnen zijn van het uitbouwen van een 'energie hub' op de Noordzee, die naast offshore parken ruimte zou bieden voor bv. algenkweek, golfslagenergiecentrales, drijvende PV-platformen, enzovoort.

Wat onshore windenergie betreft wordt een continue evolutie naar meer rendabiliteit verwacht (op basis van materiaalverbeteringen, grotere masthoogtes en rotordiameters), zonder spectaculaire kostenreducties. Beleidsmatig werd het meest verwacht van het 'fast-lane' initiatief van de Vlaamse overheid, dat voor diverse ambitieniveaus nagaat waar er het best windturbines geplaatst kunnen worden om de hinder te beperken. Daarbij wordt afgetoetst wat de impact zou zijn als bepaalde ruimtelijke randvoorwaarden die nu gelden aangepast zouden worden. Dat laat toe om te discussiëren over welke ruimtelijke beperkingen al dan niet moeten gelden om tegelijkertijd de gewenste ambitie te realiseren en de hinder te beperken. Voorts zagen de deelnemers aan de workshop een belangrijke rol weggelegd voor het lokale beleid bij het actief ondersteunen van lokale windenergieprojecten. Tot op heden blijkt echter dat de grootste groep tegenstanders van onshore windturbines de lokale overheden zijn. Burgemeesters en schepenen stellen zich soms ronduit negatief op t.o.v. lokale windmolenparken, zelfs al ondertekenden ze nog tijdens hun bestuursperiode het Burgemeestersconvenant, waarbij ze zich engageren voor een klimaatneutrale gemeente.

Op het gebied van PV wordt eveneens veel verwacht van lopende beleidsinitiatieven die een betere benutting van het aanzienlijke technische potentieel in het vooruitzicht stellen. Zo werd het zonnekaart-initiatief positief onthaald. Ook nieuwe beleidsinitiatieven zoals het salderen op afstand, het zonnedelen, of het vervangen van asbesthoudende daken door PV-daken worden als noodzakelijk gezien om investeringen in PV-systemen voor een groter doelpubliek bereikbaar te maken. Op korte termijn speelt wel een onduidelijkheid rond de hervorming van de regelgeving voor prosumenten (aanschaffing van het systeem van de terugdraaiende teller in ruil voor een nog niet nader bepaalde compensatie), die mogelijk nadelig is voor rendabiliteit PV installatie (teneinde de doelstelling van rationeel netgebruik te bewerkstelligen). Aan de horizon lonkt de toepassing van 'building-integrated PV', een technologie die de beschikbare oppervlakte voor PV-toepassingen aanzienlijk kan verhogen (integratie in ramen, gevels, dakpannen enz.).

Wat de inzet van biomassa betreft zien de deelnemers aan de workshop op de lange termijn vooral potentieel in de productie van groen gas en groene vloeibare transportbrandstoffen. Vlaanderen heeft zelf maar een beperkt aanbod van duurzaam geproduceerde biomassa, vooral in de vorm van rest- en afvalstromen. Deze rest- en afvalstromen worden best zo nuttig mogelijk ingezet (in het kader van een strategie van rationele afvalverwerking), waarbij rekening gehouden moet worden met het cascaderingsprincipe: in eerste instantie een zo hoogwaardig mogelijk gebruik door eerst het materiaal te hergebruiken alvorens het in te zetten als energiebron. Wat de energetische toepassingen van biomassa betreft werd verder nog vermeld dat het potentieel momenteel nog onderbenut blijft omwille van de relatief lage prijzen van fossiele alternatieven. Tevens waren de deelnemers aan de workshop de mening toegedaan dat de



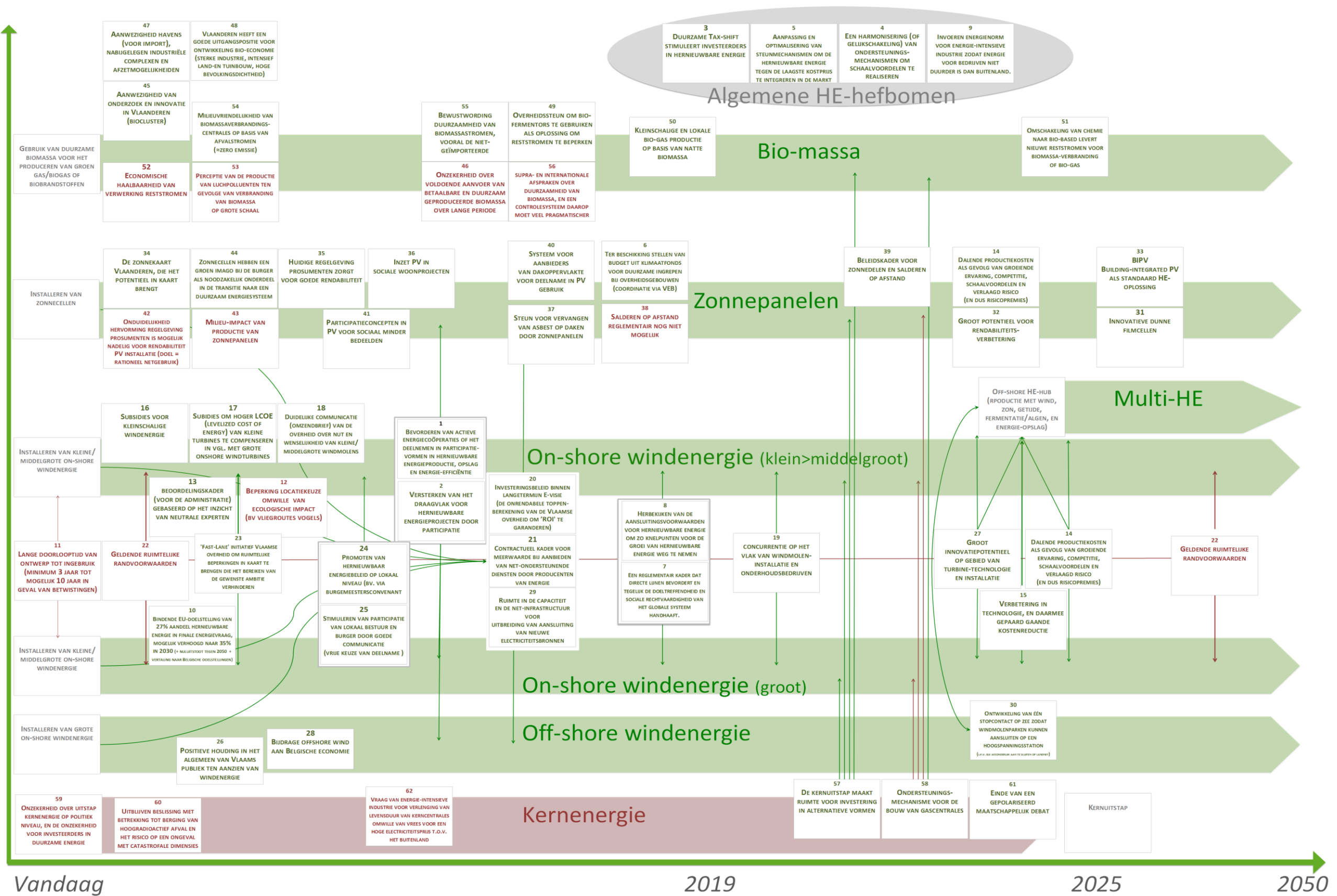
energetische toepassing van biomassa momenteel met een imagoprobleem te kampen heeft (waarbij alle toepassingen op een hoop worden gegooid), terwijl de reële milieu-impact van de verbranding van biomassa sterk afhangt van het type biomassa en de gebruikte technologie.

Wat de voorziening van hoge temperatuurwarmte in de industrie betreft vonden de aanwezige deelnemers dat ze niet voldoende expertise bezaten om gefundeerde uitspraken te doen m.b.t. de verduurzaming van het industriële energiegebruik. De hier opgenomen barrières en hefboomen zijn dus noodzakelijk op een generiek niveau geformuleerd, en werden integraal overgenomen uit het voor deze workshop ontwikkelde achtergronddocument. In algemene zin moet opgemerkt worden dat Vlaanderen beschikt over industriële activiteiten die een belangrijke rol kunnen spelen in de transitie naar een koolstofarme economie (bv. productie van isolatiematerialen en lichtgewicht materialen in de chemische sector, recyclage van (auto)batterijen in de non-ferro industrie, enz.). Innovatie biedt deze bedrijven ook concurrentievoordelen, schept werkgelegenheid en vergroot het exportpotentieel. Er is dus zeker potentieel de verduurzaming van het energiesysteem als een kans aan te grijpen voor de verdere uitbouw van deze industriële activiteiten. Belangrijke Europese sectorfederaties (zoals CEFIC voor de chemie, EUROFER voor de staalindustrie, CEPI voor de papierindustrie, enz.) hebben al roadmaps opgemaakt waarin ze de opties oplistten om in 2050 bij te dragen aan een koolstofarme economie. Maar tegelijkertijd legt de industrie in Vlaanderen hier minder concrete plannen voor een koolstofarme sector voor in vergelijking met andere sectoren. Een concrete richtinggevende visie op een duurzame (koolstofarme) industrie in Vlaanderen is er nog niet. Deels komt dat doordat de benodigde technologie vaak nog niet beschikbaar of momenteel te duur is. Bovendien is de Vlaamse industriële activiteit in internationaal perspectief relatief energie-intensief en grotendeels op fossiele energie gebaseerd. Daarom zal de benodigde energietransitie naar een koolstofarme energievoorziening juist in Vlaanderen leiden tot relatief grote veranderingen. Bovendien is het tempo van de industriële transitie in Vlaanderen omwille van de internationale concurrentie gebonden aan de vooruitgang op EU- en zelfs mondiaal niveau.





figuur 10: transitiepad verduurzamen van het energieaanbod



### 4.3.3 Barrières en hefboomen in verschillende clusters

#### 4.3.3.1 Overkoepelende hefboomen voor hernieuwbare energieproductie

##### [HEFBOOM – MOBILISEREN VAN MIDDELEN (KT)]

“BEVORDEREN VAN ACTIEVE ENERGIECOÖPERATIES OF VAN HET DEELNEMEN IN PARTICIPATIEVORMEN IN HERNIEUWBARE ENERGIEPRODUCTIE, OPSLAG EN ENERGIE-EFFICIËNTIE” (1)

“VERSTERKEN VAN HET DRAAGVLAK VOOR HERNIEUWBARE ENERGIEPROJECTEN DOOR PARTICIPATIE” (2)

Bevorderen van actieve energiecoöperaties of van het deelnemen in participatievormen in hernieuwbare energieproductie (naast energieopslag en energie-efficiëntie).

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“DUURZAME TAXSHIFT STIMULEERT INVESTEERDERS IN HERNIEUWBARE ENERGIE” (3)

Het economisch aantrekkelijker maken van hernieuwbare energieproductie door het gebruik van fossiele brandstoffen duurder te maken werd gezien als een onontbeerlijke stap om een groter marktaandeel voor groene energie te creëren. In dit opzicht wordt veel verwacht van het voorstel tot het invoeren van een CO<sub>2</sub>-heffing voor de niet-ETS sectoren dat momenteel op federaal niveau besproken wordt (binnen het meer algemene kader van een duurzame taxshift). Er moet daarbij ook voldoende aandacht zijn voor de impact van deze taxshift op huishoudens of bedrijven die omwille van technische of financiële redenen moeilijk de overstap naar een groen alternatief kunnen maken (bv. gezinnen in energiearmoede).

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“EEN HARMONISERING (OF GELIJSCHAKELING) VAN DE ONDERSTEUNINGSMECHANISMEN TUSSEN ENTITEITEN MET ALS DOEL SCHAALVOORDELEN TE REALISEREN” (4)

Om schaalvoordelen op de hernieuwbare energiemarkt te creëren kan het interessant zijn om een harmonisering (of gelijkschakeling) van de ondersteuningsmechanismen tussen de verschillende regio's in België te realiseren. Samenwerking met de buurlanden kan hierbij ook worden bekeken.

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“AANPASSING EN OPTIMALISERING VAN STEUNMECHANISMEN OM DE HERNIEUWBARE ENERGIE TEGEN DE LAAGSTE KOSTPRIJS TE INTEGREREN IN DE MARKT” (5)

De deelnemers aan de workshop ondersteunen het principe van een aanpassing en optimalisering van steunmechanismen om de hernieuwbare energie tegen de laagste kostprijs te integreren in de markt. De ondersteuning van mature technologieën moet zoveel mogelijk afgeschaft of afgebouwd worden. Tegelijk wezen de deelnemers aan de workshop erop dat in de huidige marktomstandigheden een voortzetting van de huidige steunmaatregelen (bv. groene stroomcertificaten) nog noodzakelijk is. Een grondige hervorming van het steunsysteem is dus eerder een kwestie voor de middellange termijn.

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“TER BESCHIKKING STELLEN VAN BUDGET UIT KLIMAATFONDS VOOR DUURZAME INGEPEN BIJ OVERHEIDSGEBOUWEN (COORDINATIE VIA VLAAMS ENERGIEBEDRIJF)” (6)

De overheid kan via financiering uit het klimaatfonds haar voorbeeldfunctie opnemen door investeringen in hernieuwbare energieproductie in openbare gebouwen te stimuleren.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“EEN REGLEMENTAIR KADER DAT DIRECTE LIJNEN BEVORDERT EN TEGELIJK DE DOELTREFFENDHEID EN SOCIALE RECHTVAARDIGHEID VAN HET GLOBALE SYSTEEM HANDHAFT” (7)

Er moet worden gezorgd voor een reglementair kader dat directe lijnen bevordert en tegelijk de doeltreffendheid en sociale rechtvaardigheid van het globale systeem handhaaft. De consument krijgt hierdoor de gelegenheid zich direct bij een elektriciteitsproductiebron te bevoorraden dankzij de aanleg van een specifieke elektriciteitslijn tussen de elektriciteitsproductiebron en de afname, met minimale verliezen op het netwerk.

[HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN HET ZOEKPROCES (MT)]

“HERBEKIJKEN VAN DE AANSLUITINGSVOORWAARDEN VOOR HERNIEUWBARE ENERGIE OM ZO KNELPUNTEN VOOR DE GROEI VAN HERNIEUWBARE ENERGIE WEG TE NEMEN” (8)

De aansluitingsvoorwaarden voor hernieuwbare energie op het elektriciteitsnet moeten worden herbekeken om zo knelpunten voor de groei van hernieuwbare energie weg te nemen. Daarbij moeten een maatschappelijk optimum gevonden worden tussen enerzijds de locatie van nieuwe hernieuwbare energieprojecten in functie van de onthaalcapaciteit van het net en anderzijds de ruimtelijk en energetisch optimale locaties voor de inplanting van hernieuwbare energie. Ook flexibele toegang tot het distributienet kan hier op korte termijn oplossingen bieden.

[HEFBOOM – LEGITIMERING (KT)]

“INVOEREN ENERGIENORM, VOORAL BESTEMD VOOR ENERGIE-INTENSIEVE INDUSTRIE, DIE ERVOOR MOET ZORGEN DAT DE BEDRIJVEN VOOR ENERGIE NIET MEER BETALEN DAN IN HET BUITENLAND” (9)

Om het concurrentievermogen van de Belgische industrie te beschermen, kan overwogen worden om een energienorm bestemd voor vooral energie-intensieve ondernemingen in te voeren. Deze energienorm moet ertoe bijdragen om een ‘level playing field’ te creëren met de ons omringende landen m.b.t. de elektriciteitsprijs. Een jaarlijkse studie moet daarbij als ijkpunt dienen om de evolutie van de elektriciteitsprijzen voor de verschillende sectoren te monitoren ter ondersteuning van het beleid.

[HEFBOOM – LEGITIMERING (MT/LT)]

“BINDENDE DOELSTELLING OP EU NIVEAU VAN 27% AANDEEL HERNIEUWBARE ENERGIE IN FINALE ENERGIEVRAAG, MOGELIJK VERHOOGD NAAR 35% IN 2030 EN EEN NULUITSTOOT TEGEN 2050” (10)

Een bindende doelstelling op EU niveau van 27% aandeel hernieuwbare energie in finale energievraag wordt door de deelnemers gezien als een sterke legitimering en stimulans voor het te voeren Vlaamse beleid. Het Europees parlement heeft recent een meer ambitieuze doelstelling van 35% HE (en energie-efficiëntie) in 2030 naar voren geschoven. Tegen 2050 stelt het parlement voor dat de EU lidstaten een nul uitstoot bereiken<sup>189</sup>.

4.3.3.2 Onshore windenergie

De bijdrage van onshore windenergie aan een duurzaam energieaanbod kan worden ingeschat op basis van het ‘Ruimtelijk potentieel’ scenario in de studie “Hernieuwbare energieatlas Vlaamse gemeenten” van VITO. Het ‘Ruimtelijk potentieel’ scenario vertrekt vanuit positieve randvoorwaarden (onder andere mogelijkheden op bedrijventerreinen en havens en lijninfrastructuren zoals snelwegen, spoorwegen en

---

<sup>189</sup> [https://www.bondbeterleefmilieu.be/artikel/energietoekomst-van-europa-smaakt-zoetzuur?utm\\_source=MailingList&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=InZicht+180119](https://www.bondbeterleefmilieu.be/artikel/energietoekomst-van-europa-smaakt-zoetzuur?utm_source=MailingList&utm_medium=email&utm_campaign=InZicht+180119)

kanalen) voor onshore windenergie en sluit wellicht het best aan bij wat realistisch haalbaar is in het erg verstedelijkte Vlaanderen. Dit potentieel wordt voor alle (incl. kleine tot middelgrote turbines) onshore windenergie samen ingeschat op 4,4 - 4,8 GW; of een productie van 9,2 à 10 TWh elektriciteit in 2050.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

“LANGE DOORLOOPTIJD VAN ONTWERP TOT INGEBRUIKNAME (MINIMUM 3 JAAR TOT MOGELIJK 10 JAAR IN GEVAL VAN BETWISTINGEN)” (11)

“BEPERKING LOCATIEKEUZE OMWILLE VAN ECOLOGISCHE IMPACT (BV VliegrouTtes van vogels)” (12)

“BEOORDELINGSKADER (VOOR DE ADMINISTRATIE) GEBASEERD OP HET INZICHT VAN NEUTRALE EXPERTEN” (13)

Een van de pijnpunten in de bedrijfsvoering van windproducenten is de lange doorlooptijd vanaf de ontwerpfase tot de ingebruikname en de grote onzekerheid waarmee ze te maken krijgen. Deze doorlooptijd bedraagt minimaal 3 jaar en kan soms oplopen tot 10 jaar in geval van betwistingen (= barrière). Een concrete suggestie om meer zekerheid te creëren in het vergunningsproces was om een duidelijk beoordelingskader op te stellen ten behoeve van de administratie om de impact van windmolenparken op vogelroutes in te schatten. De mogelijkheid om een neutraal expertadvies in te winnen vormt een onmisbaar onderdeel van dergelijk inschattingskader (= hefboom).

[HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (MT)]

“DALENDE PRODUCTIEKOSTEN ALS GEVOLG VAN GROEIENDE ERVARING, DE TOEGENOMEN COMPETITIE, SCHAALVOORDELEN EN VERLAAGD RISICO (EN DUS RISICOPREMIES)” (14)

“VERBETERING IN TECHNOLOGIE, EN DAARMEE GEPAARD GAANDE KOSTENREDUCTIE” (15)

De belangrijkste technologische innovaties in onshore windenergie betreffen vooral een verbetering in de rotortechnologie (nieuwe materialen, verbeterde aerodynamica, enz.) en verbeterde componenten en bouwtechnieken die resulteren in lagere onderhoudskosten. De technologische innovaties zorgen voor een opschaling van onshore windturbines naar steeds grotere masthoogtes en rotordiameters, met bijgevolg een grotere opbrengst. De Duitse industriefederatie AGORA schat dat hierdoor kostenreducties van 5-25% mogelijk zijn tegen 2025. Volgens de deelnemers aan de workshop is er op het gebied van onshore windturbines eerder sprake van een continue evolutie naar meer rentabiliteit, maar vallen er geen grote revoluties te verwachten.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (MT)]

“SUBSIDIES VOOR KLEINSCHALIGE WINDENERGIE” (16)

“SUBSIDIES OM HOGERE LCOE (LEVELIZED COST OF ENERGY) VAN KLEINE TURBINES TE COMPENSEREN ZODAT ZE MET GROTE ONSHORE WINDTURBINES VERGELIJKBAAR WORDEN” (17)

“DUIDELIJKE COMMUNICATIE (OMZENDBRIEF) VAN DE OVERHEID OVER NUT EN WENSELIJKHEID VAN KLEINE/MIDDELGROTE WINDMOLENS” (18)

Ook kleine tot middelgrote turbines kennen een aanzienlijke technologische vooruitgang. In het erg verstedelijkte Vlaanderen zijn deze turbines vooral geschikt voor de energievoorziening van KMO-zones of landbouwbedrijven. Omwille van fundamentele redenen (lagere windsnelheid op lage hoogte, wegvallen van het voordeel van ‘economies of scale’) zullen kleinschalige windturbines in vergelijking met de grote windturbines een hogere LCOE hebben (=barrière). In de Vlaamse nota Windkracht 2020 kondigt de Vlaamse regering aan dat ze de wenselijkheid en de wijze waarop kleine en middelgrote windturbines op een correcte en kostenefficiënte wijze ondersteund kunnen worden wil onderzoeken. Bij deze oefening wordt, gelet op de hoge investeringskosten en meer beperkte operationele kosten van een middelgrote windturbine, gekeken of een investeringsstimulus een alternatief of aanvulling kan zijn voor het huidige



ondersteuningssysteem (= hefboom). Het overheidsinitiatief m.b.t. tot het uitwerken van een omzendbrief die duidelijke algemeen geldende randvoorwaarden aangeeft voor de inplanting van kleinschalige windturbines wordt ook als een positieve evolutie ervaren.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“CONCURRENTIE VAN WINDENERGIEBEDRIJVEN” (19)

Een tiental bedrijven domineren de markt voor onshore windenergie in Vlaanderen. Daarmee is voldoende concurrentie verzekerd. Bovendien vloeit de winst van een aantal van deze bedrijven terug naar de burger. In veel gevallen gaat het immers om vormen van overheidsbedrijven of deelname via overheidskapitaal.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“INVESTERINGSBELEID BINNEN E-VISIE OP LANGE TERMIJN ( DE ONRENDABELE TOPPENBEREKENING VAN DE VLAAMSE OVERHEID OM ‘ROI’ TE GARANDEREN)” (20)

Via de onrendabele toppenberekening garandeert de Vlaamse overheid voldoende financiële ‘return on investment’ om windenergieprojecten rendabel te houden. De deelnemers aan de workshop pleiten dan ook voor een behoud van dit systeem voor de komende jaren.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“CONTRACTUEEL KADER VOOR DE MEERWAARDE BIJ HET AANBIEDEN VAN NET-ONDERSTEUNENDE DIENSTEN DOOR PRODUCENTEN VAN ENERGIE” (21)

Uitbaters van windmolenparken krijgen nu via het technisch reglement voor aansluiting op het elektriciteitsnetwerk allerlei verplichtingen opgelegd (i.v.m. spanningscontrole, tolerantiegrenzen, leveren van actief en reactief vermogen, enz.). In de toekomst kan eraan gedacht worden om, naast het opleggen van verplichtingen (om te compenseren voor de inherente moeilijkheden die de aansluiting van windmolens op het elektriciteitsnet met zich meebrengt) de markt voor het leveren van elektriciteitssysteemdiensten in de toekomst ook voor uitbaters van windmolenparken open te stellen. Huidige technologie laat het leveren van die diensten reeds toe en dit betekent een versterking van de business case voor windenergie.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN HET ZOEKPROCES (KT)]

“GELDENDE RUIMTELIJKE RANDVOORWAARDEN” (22)

“FAST-LANE’ INITIATIEF VAN DE VLAAMSE OVERHEID, MET ALS DOEL IN KAART BRENGEN WELKE RUIMTELIJKE BEPERKINGEN MOETEN OPGEHEVEN WORDEN OM DE GEWENSTE AMBITIE TE BEREIKEN EN DE HINDER TE BEPERKEN” (23)

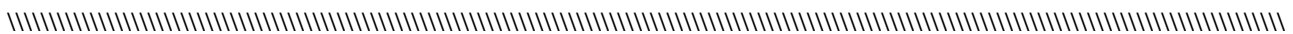
Het ‘fast-lane’ initiatief van de Vlaamse overheid gaat voor diverse ambitieniveaus na waar er het best windturbines geplaatst kunnen worden om de hinder te beperken. Daarbij wordt afgetoetst wat de impact zou zijn als bepaalde ruimtelijke randvoorwaarden die nu gelden aangepast zouden worden. Dat laat toe om te discussiëren over welke ruimtelijke beperkingen al dan niet moeten gelden om tegelijkertijd de gewenste ambitie te realiseren en de hinder te beperken.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – LEGITIMERING (KT)]

“PROMOTEN VAN HERNIEUWBAAR ENERGIEBELEID OP LOKAAL NIVEAU (BV. VIA BURGEMEESTERSCONVENANT)” (24)

“STIMULEREN VAN PARTICIPATIE VAN LOKAAL BESTUUR EN BURGER DOOR GOEDE COMMUNICATIE (VRIJE KEUZE VAN DEELNAME)” (25)

Lokale windenergieprojecten komen vaak op een negatieve manier in de pers omwille van buurtprotesten of lokale actiegroepen, die vaak vocale minderheden vertegenwoordigen. Volgens een artikel in de Standaard worden momenteel 77 windturbines geblokkeerd omdat er een beroepsprocedure tegen



loopt<sup>190</sup>. Dat is met 46% bijna de helft van het totaal. Uit de recentste cijfers van de Vlaamse Windenergie Associatie (VWEA) (die ook in het artikel worden aangehaald) blijkt dat de grootste groep tegenstanders van onshore windturbines niet onderling concurrerende bedrijven (18,5%) of burgers (40%) zijn, maar wel de lokale overheden (41,5%). Burgemeesters en schepenen stellen zich soms ronduit negatief op t.o.v. lokale windmolenparken (= barrière), zelfs al ondertekenden ze nog tijdens hun bestuursperiode het Burgemeestersconvenant, waarbij ze zich engageren voor een klimaatneutrale gemeente. De houding van de burgemeester beïnvloedt natuurlijk de burgers. Via het ondertekenen van het Burgemeestersconvenant kan druk uitgeoefend worden op lokale overheden om een positievere houding in te nemen t.o.v. lokale windparken (= hefboom).

#### [HEFBOOM – LEGITIMERING (KT)]

##### “ALGEMENE STEUN VOOR WINDENERGIE” (26)

Enquêtes (zoals bv. van peilingbureau Ipsos in maart 2014 in opdracht van ODE) duiden doorgaans op een grote steun voor windenergie onder de Vlaamse bevolking. Bijvoorbeeld op de vraag in de Ipsos-enquête “Zou windenergie volgens u moeten zorgen voor een groot deel van de Belgische elektriciteitsvoorziening?” antwoordde 87% ‘ja’, 6% ‘neen’ en 7% gaf aan ‘geen mening’ te hebben. Identiek dezelfde scores kwamen er op de vraag “Denkt u dat men het potentieel voor windenergie maximaal zou moeten benutten in Vlaanderen?”.

#### 4.3.3.3 Offshore windenergie

Het potentieel voor 2030 wordt door het Belgische offshore platform ingeschat op 3,8 tot 4,3 GW. De Belgische ‘Low-carbon Roadmap-studie’ houdt rekening met een technisch potentieel (op het Belgische deel van de Noordzee) van 16,8 GW. Het ‘core’ scenario houdt rekening met de ontwikkeling van 5,5 - 7,0 GW offshore in de transitie naar een koolstofarme Belgische economie. Rekening houdend met ongeveer 4000 vollasturen kan offshore windenergie instaan voor een productie van 22 à 28 TWh elektriciteit in 2050 (op basis van het feit dat 65% van het Belgische elektriciteitsverbruik in Vlaanderen plaatsvindt kunnen we 14 à 18 TWh van de offshore windproductie aan Vlaanderen toewijzen).

#### [HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT/MT)]

##### “DALENDE PRODUCTIEKOSTEN ALS GEVOLG VAN GROEIENDE ERVARING, DE TOEGENOMEN COMPETITIE, SCHAALVOORDELEN EN VERLAAGD RISICO (EN DUS RISICOPREMIES)” (27)

##### “INNOVATIEPOTENTIEEL OP GEBIED VAN TURBINETECHNOLOGIE EN INSTALLATIE” (28)

Naar verwachtingen zullen de productiekosten van offshore windenergie in de komende jaren nog dalen, als gevolg van groeiende ervaring, de toegenomen competitie, schaalvoordelen door grotere turbines en grotere projecten, en een verlaagd risico wat leidt tot het aanrekenen van lagere risicopremies door financiële instellingen. Op het technologisch gebied vermeldt IRENA vooral het grote innovatiepotentieel op gebied van turbine-technologie (offshore windmolens van 15 MW zouden tegen 2030 commercieel beschikbaar zijn – in vergelijking met een maximale grootte van 8-9 MW voor de huidige turbines) en op het gebied van installatie (opbouw van windmolens aan land en vervolgens transport met sleepboten, of later vlottende funderingen die toelaten om de windmolens steeds verder op zee te installeren).

---

<sup>190</sup> [http://www.standaard.be/cnt/dmf20180222\\_03372262](http://www.standaard.be/cnt/dmf20180222_03372262), geraadpleegd op 13/3/2018.

[HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

“BIJDRAGE OFFSHORE WIND AAN BELGISCHE ECONOMIE” (29)

België staat momenteel wereldwijd bij de toplanden voor wat betreft geïnstalleerde capaciteit per inwoner in het domein van offshore windenergie. Offshore windenergie creëert jobs in deelaspecten zoals onderzoek, ontwikkeling, bouw van maritieme funderingen en transformator-platformen, installatie van windturbines en hun onderhoud. Het Belgian Offshore Platform (BOP) schat de macro-economische impact van de ontwikkeling van de offshore windindustrie op de Belgische economie in de nabije toekomst (tot 2030) in op: 15.000 tot 16.000 extra jobs, 1 miljard toegevoegde waarde per jaar, en een positieve impact op de Belgische handelsbalans.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“RUIMTE IN DE CAPACITEIT EN DE NET-INFRASTRUCTUUR VOOR UITBREIDING VAN AANSLUITING VAN NIEUWE ELECTRICITEITSBRONNEN” (30)

Via overleg met de overige landen die aan de Noordzee grenzen wordt in het ‘Offshore Grid Initiative’ geprobeerd om alle relevante regelgeving m.b.t. de aanleg en uitbating van offshore windparken in de Noordzee te coördineren om op termijn een hoge mate van interconnectie tussen de verschillende offshore parken en de deelnemende landen tot stand te brengen. Een dergelijk internationaal platform zal op termijn ook toegang bieden aan andere types energie (zoals bv. hydraulische energie uit Scandinavië), die ingezet kan worden als er onvoldoende wind is op de Noordzee. Met deze verbindingen kan windenergie ook opgeslagen worden in daarvoor voorziene infrastructuur.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT/LT)]

“ONTWIKKELING VAN ÉÉN STOPCONTACT OP ZEE ZODANIG DAT DE WINDMOLENPARKEN KUNNEN AANSLUITEN OP EEN HOOGSPANNINGSSTATION (IN PLAATS VAN ELK AFZONDERLIJK AAN TE SLUITEN OP HET LANDNET)” (31)

Tot nu toe zijn de verschillende windmolenparken in de Noordzee elk afzonderlijk op het landnet aangesloten. De ontwikkeling van een modulair net of ‘stopcontact op zee’ houdt in dat de windmolenparken aangesloten worden op een hoogspanningsstation dat op een platform in zee kan worden gebouwd. Op lange termijn zal dit modulaire net dan worden aangesloten op een internationaal platform door middel van gelijkstroomverbindingen, waarmee grotere vermogens op langere afstanden vervoerd kunnen worden. Er is sprake van een potentieel van 150-250 GW windenergie op de Noordzee. Met deze verbindingen kan windenergie ook opgeslagen worden in daarvoor voorziene infrastructuur (bv. energie-atollen) of omgezet in waterstof bij periodes van overaanbod. Dit nieuwe net in de Noordzee zou dus zelfs bij windstilte de bevoorradingszekerheid kunnen verzekeren. Op de lange termijn zou er zelfs sprake kunnen zijn van het uitbouwen van een ‘energie hub’ op de Noordzee, die naast offshore parken ruimte zou bieden voor bv. algenkweek, golflagenenergiecentrales, drijvende PV-platformen, enzovoort.

[HEFBOOM – LEGITIMERING (KT)]

“POSITIEVE PUBLIEKE PERCEPTIE” (32)

Wat de maatschappelijke aanvaardbaarheid van offshore windenergie betreft is een belangrijk voordeel dat de turbines niet in de buurt van omwonenden geplaatst moeten worden en dus op minder publieke weerstand kunnen rekenen.

4.3.3.4 Fotovoltaïsche systemen

Het potentieel voor zonnepanelen in Vlaanderen is technisch gesproken enorm groot. Op basis van de zonnekaart Vlaanderen wordt dit ingeschat op 72 GWp . Dit potentieel gaat uit van de veronderstelling dat al de ideale en goed georiënteerde dakoppervlakte voor PV ook effectief wordt benut. Daarnaast is er ook



nog een aanzienlijk potentieel op (spoor)wegbermen. Volgens interne VITO berekeningen kan met behulp van instelbare injectielimieten en koppeling met batterij-opslag om pieken af te vlakken 50 GW geïnstalleerde capaciteit in het elektrische netwerk geïntegreerd worden. Het technisch-economische toepassingspotentieel van PV in Vlaanderen wordt dus zeer hoog ingeschat, en vormt geen limiterende factor. Het ritme waaraan dit potentieel gerealiseerd wordt is afhankelijk van het investeringsgedrag van eindgebruikers. Gaan we bijvoorbeeld uit van de veronderstelling dat de geïnstalleerde capaciteit in 2030 groeit tot 7 GW, en in 2050 tot 17 GW (er wordt dus verondersteld dat vanaf 2018 er jaarlijks gemiddeld een PV-capaciteit van 460 MW wordt aangelegd), dan bedraagt de totale elektriciteitsproductie in Vlaanderen ongeveer 15 TWh in 2050 (rekening houdend met een vollastproductie van 897 uur/jaar).

#### [HEFBOOM – KENNISONTWIKKELING (KT)]

##### “INNOVATIEVE DUNNE FILMCELLEN” (33)

Een innovatief concept voor PV maakt gebruik van dunne filmcellen. Deze worden gemaakt door een zeer dunne laag fotosensitief materiaal te hechten aan een drager (glas, staal, plastic). Deze technologie biedt belangrijke voordelen zoals een lagere kostprijs dan Si-gebaseerde cellen, lager materiaalgebruik, en de mogelijkheid tot integreren in bouwmaterialen ('building integrated PV'); maar de materialen hebben tot nog toe ook een lagere efficiëntie: voor amorf Si is dit gemiddeld 10% en voor Cadmium Tellurium-cellen 12%. Het IEA stelt als lange termijn doelstelling (2030/2050) een efficiëntie van 15% voor beide types voorop. Nog innovatievere concepten maken gebruik van organisch materiaal en/of nanotechnologie om zonnecellen te fabriceren. Deze technologie biedt vooral voordelen op het gebied van materiaalgebruik. Organisch materiaal is ook qua vorm zeer flexibel en kan aangebracht worden op vrijwel elk oppervlak. Hierbij kun je denken aan dunne plastic films of zelfs verschillende lagen verf. De huidige systemen bevinden zich nog in de onderzoeksfase; momenteel hebben deze organische cellen nog een zeer lage efficiëntie. Vlaanderen beschikt met imec over een wereldwijd toonaangevend onderzoekscentrum op het gebied van PV.

#### [HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

##### “POTENTIEEL VOOR RENDABILITEITSVERBETERING” (34)

Op vlak van de huidige materialen voor fotovoltaïsche cellen zijn de voornaamste spelers multicristallijn Silicium (Si) en monocristallijn Si (samen vertegenwoordigen deze types ongeveer 90% van de wereldwijde markt). Monocristallijn Si heeft een hogere efficiëntie maar is ook duurder. De efficiëntie van de cellen wordt doorlopend verhoogd en de benodigde dikte van de panelen gereduceerd, zodat ook de kostprijs van het PV-systeem verlaagd wordt. Volgens de deelnemers aan de workshop is er op het gebied van Si-gebaseerde zonnepanelen eerder sprake van een continue evolutie naar meer rentabiliteit, maar vallen er geen grote revoluties te verwachten.

#### [HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (MT)]

##### “BUILDING-INTEGRATED PV ALS STANDAARD HE-OPLOSSING” (35)

De deelnemers aan de workshop zagen vooral een groot potentieel voor 'building integrated PV' als nieuwe technologie op de middellange termijn (introductie op commerciële schaal verwacht voor 2030). Deze nieuwe technologie zou de markt voor PV toepassingen kunnen openbreken en allerlei nieuwe spelers en businessmodellen mogelijk kunnen maken.





[HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“DE ZONNEKAART VLAANDEREN, DIE HET POTENTIEEL IN KAART BRENGT” (36)

Via de zonnekaart Vlaanderen kan elke burger of bedrijf gemakkelijk het potentieel van de aanleg van zonnepanelen op zijn/haar gebouw nagaan. Uit de zonnekaart blijkt dat dit potentieel nog zeer groot is. Het effect van het ter beschikking stellen van de zonnekaart op het geïnstalleerd vermogen aan PV-systemen was in 2017 al merkbaar.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“HUIDIGE REGELGEVING PROSUMENTEN ZORGT VOOR GOEDE RENDABILITEIT” (37)

Via de onrendabele toppenberekening garandeert de Vlaamse overheid voldoende financiële return on investment PV-projecten >10 kWp rendabel te houden.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“INZET PV IN SOCIALE WOONPROJECTEN” (38)

De Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen (VMSW) en het Vlaamse Energiebedrijf onderzoeken de haalbaarheid van een grootschalige plaatsing van zonnepanelen op de 150.000 sociale woningen in Vlaanderen. Slechts 2% van die woningen heeft een of andere voorziening voor duurzame energie. Om zijn energie- en klimaatdoelstellingen te halen, moet Vlaanderen ook inzetten op het plaatsen van zonnepanelen op overheidsgebouwen. Er is al een aanzet gegeven voor scholen. Eind 2016 heeft de Vlaamse regering 80 miljoen euro uit het Klimaatfonds ter beschikking gesteld om duurzame ingrepen te ondersteunen.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (KT)]

“STEUN VOOR HET VERVANGEN VAN ASBEST DOOR ZONNEPANELEN” (39)

Via een initiatief rond de combinatie van asbestsanering voor daken met de installatie van PV-systemen komt een bijkomend dakoppervlakte beschikbaar voor nieuwe PV-systemen. Het concept achter dergelijk initiatief is dat de kosten voor de sanering van een bestaand asbesthoudend dak kunnen terugverdiend worden door hetzij het nieuwe dakoppervlak voor een maandelijkse vergoeding ter beschikking te stellen van een investeerder in een PV-systeem (zie ook verder – ‘saldereen op afstand’), hetzij zelf te investeren in een PV-systeem op het gesaneerde dak.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“SALDEREN OP AFSTAND REGLEMENTAIR NOG NIET MOGELIJK” (40)

“BELEIDSKADER VOOR ZONNEDELEN EN SALDEREN OP AFSTAND” (41)

“SYSTEEM VOOR AANBIEDERS VAN DAKOPPERVLAKTE VOOR DEELNAME IN PV GEBRUIK” (42)

“PARTICIPATIECONCEPTEN IN PV VOOR SOCIAAL MINDERBEDEELDEN” (43)

Daken van bedrijven, sporthallen, overheidsgebouwen, monumenten, kerken enz. zijn vaak geschikt voor zonnepanelen. De Vlaamse regering wil dit potentieel benutten via het systeem van zonnedelen, wat op dit moment met de huidige regelgeving nog onmogelijk is (=barrière). Via zonnedelen wil de Vlaamse overheid het voor burgers, ondernemingen en overheden mogelijk maken om via participatie te investeren in duurzame energie op geschikte dakoppervlaktes. Wie investeert, wordt voor de productie vergoed.



Dat kan onder meer door het ‘salderen op afstand’<sup>191</sup>. Daarbij wordt de groene stroom die men op ander-mans dak produceert, verrekend op de eigen elektriciteitsfactuur. Op die manier krijgen ook eigenaars van een ongeschikt dak de kans om de energiefactuur te verlagen en over te schakelen op hernieuwbare energie. Het systeem van het ‘salderen op afstand’ kan ook drempelverlagend werken voor gezinnen in energiearmoede, die doorgaans niet beschikken over de nodige middelen en/of het geschikte dakoppervlak om in een eigen PV-systeem te investeren.

#### [ONZEKERHEID – MARKTVORMING (MT)]

#### “ONDUIDELIJKHEID HERVORMING REGELGEVING PROSUMENTEN, DIE MOGELIJK NADELIG IS VOOR RENDABILITEIT PV INSTALLATIE (TENEINDE DE DOELSTELLING VAN RATIONEEL NETGEBRUIK TE BEWERKSTELLIGEN)” (44)

Vandaag maken particuliere PV-installaties gebruik van een terugdraaiende teller waarbij de meterstand stijgt als er elektriciteit van het net wordt gebruikt en de meterstand daalt als er overtollige elektriciteit geproduceerd door de PV-installatie op het net wordt geïnjecteerd. De prijs per kWh die men krijgt van de geïnjecteerde stroom is dan dezelfde als diegene die men betaalt volgens het afgesloten energiecontract. Dit komt dan wel ten goede aan de rendabiliteit en terugverdientijd van een PV-installatie, maar bij het systeem van een terugdraaiende teller wordt het elektriciteitsnet als een soort batterij gebruikt waarbij er op momenten wanneer er veel zonnestroom ter beschikking is het elektriciteitsnet onder druk komt te staan en een hogere kans op congestie is. Daarnaast wordt er door prosumenten op momenten dat er geen zonnestroom ter beschikking is, elektriciteit afgenomen via het net. Deze stroom wordt indien er weinig andere hernieuwbare energie zoals windenergie ter beschikking is, deels ingevuld door fossiele centrales zoals (flexibele) gascentrales. Prosumenten worden met het systeem van terugdraaiende teller niet gestimuleerd om zelf zoveel mogelijk eigen opgewekte zonnestroom te consumeren of m.a.w. ze worden niet gestimuleerd om hun zelfconsumptie of gelijktijdigheid te verhogen.

Vandaag staat een hervorming van de regelgeving op stapel. Zo wordt bv. gedacht aan de invoering van een distributienettarief met een capaciteitsgebonden component. Prosumenten krijgen hierdoor een incentive aangeboden om piekbelasting van het net te vermijden door bv. op die momenten zelfconsumptie te verhogen, de PV-installatie tijdelijk af te schakelen (‘curtailment’), of te investeren in thuisbatterijen die elektriciteit opslaan op momenten van piekproductie (en kunnen ontladen op momenten van piek-verbruik). Voor het Vlaamse beleid is de uitdaging om enerzijds de investering in een PV-installatie rendabel en (financieel) interessant te houden aangezien deze vorm van hernieuwbare energie een belangrijke factor is in de energietransitie. Anderzijds is het nodig om de elektriciteitsproductie bij prosumenten en PV-installaties zo slim mogelijk te integreren in het elektriciteitssysteem om o.a. congestie ten gevolge van een overaanbod van stroom op het net en het gebruik van fossiele back-up-centrales zoveel mogelijk te beperken. De Vlaamse overheid denkt hierbij aan een alternatief compenserend systeem voor de terugdraaiende teller dat zal worden ingevoerd vanaf 2021 . In het ideale geval zorgt de nieuwe regelgeving voor een evenwicht tussen de doelstelling van een rationeel netgebruik en rendabiliteit bij decentrale productie.

---

<sup>191</sup> De meningen hierover zijn echter nog verdeeld. Een deelnemer aan de 3<sup>e</sup> workshop merkte op dat salderen (of terugdraaiende teller) een subsidiemaatregel is die in principe afgebouwd kan worden als de PV technologie nog goedkoper wordt en de opgewekte energie aan marktwaarde kan verkocht worden (in plaats van de volle elektriciteitsaankoopprijs inclusief transport en taksen). Deze deelnemer was van mening dat het beter was dit systeem te vervangen door een investeringspremie en een vergoeding voor aan het net geleverde elektriciteit op basis van de marktwaarde.

[BARRIÈRE – LEGITIMERING (KT)]

“MILIEU-IMPACT VAN PRODUCTIE VAN ZONNEPANELEN” (45)

Productie van panelen gebeurt bijna volledig buiten België en zelfs grotendeels buiten de EU. Daardoor bestaat onduidelijkheid omtrent de duurzaamheid waarmee de panelen geproduceerd worden. Bovendien lopen we op deze manier belangrijk deel van tewerkstelling mis.

[HEFBOOM – LEGITIMERING (KT)]

“ZONNECELLEN HEBBEN EEN GROEN IMAGO BIJ DE BURGER ALS NOODZAKELIJK ONDERDEEL IN DE TRANSITIE NAAR EEN DUURZAAM ENERGIESYSTEEM” (46)

Zonnepanelen genieten van een groen imago als noodzakelijk onderdeel in de transitie naar een duurzaam energiesysteem.

4.3.3.5 Duurzame biomassa

Naar verwachting zal er in 2050 in Vlaanderen nog een vraag zijn naar vloeibare transportbrandstoffen, gas (methaan) en grondstoffen voor de productie van kunststoffen. In diverse sectoren is niet te verwachten dat het de komende decennia al zou kunnen lukken volledig over te gaan op CO<sub>2</sub>-vrije energiedragers als elektriciteit, waterstof of warmte. Voor lucht- en scheepvaart, het wegtransport of ten minste een groot deel daarvan en een (wellicht klein) deel van de personenauto's zullen brandstoffen nog in aanzienlijke hoeveelheden nodig zijn. Ondanks een aantal opties om de warmtevoorziening in de gebouwde omgeving meer op elektriciteit en omgevingswarmte te baseren kan ervan worden uitgegaan dat een deel van de gebouwde omgeving nog gas nodig zal hebben voor de warmtevoorziening (cf. Sectie 4.2).

Dit alles maakt de inzet van biomassa voor de productie van groen gas en groene vloeibare transportbrandstoffen een belangrijke optie voor het energiesysteem van 2050. Vlaanderen heeft zelf maar een beperkt aanbod van duurzaam geproduceerde biomassa, vooral in de vorm van rest- en afvalstromen. Het Vlaamse biomassapotentieel wordt door OVAM ingeschat op 15 TWh . Daarbij moet rekening worden gehouden met de gewenste cascadering: in eerste instantie zo hoogwaardig mogelijk verbruik door eerst het materiaal te hergebruiken alvorens het in te zetten als energiebron. Gezien het grote potentieel voor het produceren van hernieuwbare elektriciteit met behulp van zon en wind enerzijds en de mogelijke beperkingen in het aanbod van duurzame biomassa anderzijds gaan we ervan uit dat het aandeel elektriciteit geproduceerd op basis van biomassa in 2050 beperkt is.

[HEFBOOM – KENNISONTWIKKELING/KENNISUITWISSELING (KT)]

“AANWEZIGHEID VAN ONDERZOEK EN INNOVATIE IN VLAANDEREN (BIOCLUSTER)” (47)

In Vlaanderen gebeurt bovendien veel op het gebied van onderzoek en innovatie. Zo beschikt Vlaanderen over een grote bio-cluster in de haven van Gent, over een pilot plant met Bio Base Europe en hoog aangeschreven kennis- en onderzoeksinstellingen.

[BARRIÈRE – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

“ONZEKERHEID OVER VOLDOENDE AANVOER VAN BETAALBARE EN DUURZAAM GEPRODUCEERDE BIOMASSA OVER LANGE PERIODE” (48)

Eén van de belangrijkste knelpunten voor grootschalige bio-energieprojecten is dat er onzekerheid is over voldoende aanvoer van betaalbare, duurzaam geproduceerde biomassa over een langere periode (minimaal de afschrijvingstermijn van een installatie). De kosten voor groen gas of biobrandstoffen worden bepaald door de investeringen en de biomassaprijs. Ze liggen momenteel hoger dan die van de fossiele varianten. De nog te verwachten prijsdaling is volgens het Nederlands Planbureau voor de Leefomgeving



niet spectaculair. De in de toekomst mogelijk geachte productiekosten zijn sterk afhankelijk van de prijs voor de biomassa, die echter niet gemakkelijk te voorzien is. De technologie bij de productie (land- en bosbouw) en het transport van biomassa heeft nog potentie voor verdere efficiëntieverbetering, maar de effecten van klimaatverandering op de landbouwproductiviteit zijn onzeker. Daarnaast wordt de prijs van biomassa bepaald door de markt. Een toenemende vraag kan tot prijsstijgingen leiden. Aan de andere kant kan het doorrekenen van een koolstofprijs de concurrentiële positie van fossiele brandstoffen aantasten. Van afval- en reststromen zonder hergebruiksmogelijkheden is de prijs lager dan van specifiek geteelde energiegewassen, waardoor de gemiddelde prijs in de praktijk ook van de beschikbaarheid van deze stromen afhangt.

[HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

“AANWEZIGHEID HAVENS (VOOR IMPORT), NABIJGELEGEN INDUSTRIËLE COMPLEXEN EN AFZETMOGELIJKHEDEN” (49)

“VLAANDEREN HEEFT EEN GOEDE UITGANGSPOSITIE VOOR ONTWIKKELING BIO-ECONOMIE (STERKE INDUSTRIE, INTENSIEVE LAND-EN TUINBOUW, HOGE BEVOLKINGSDICHTHEID)” (50)

De aanwezigheid van grote havens, nabijgelegen industriële complexen en afzetmogelijkheden biedt voor Vlaanderen kansen voor de import en verwerking van biomassastromen. Vlaanderen heeft bovendien een goede uitgangspositie voor de ontwikkeling van een bio-economie met een sterke chemische industrie, voedingsnijverheid en energiesector, een intensieve land- en tuinbouw en een hoge bevolkingsdichtheid met grote en goed beheerde materialenstromen.

[HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

“OVERHEIDSSTEUN OM BIO-FERMENTORS TE GEBRUIKEN ALS OPLOSSING OM RESTSTROMEN TE BEPERKEN” (51)

“KLEINSCHALIGE EN LOKALE BIOGAS PRODUCTIE OP BASIS VAN NATTE BIOMASSA” (52)

In Vlaanderen wordt momenteel vooral ingezet op de productie van biogas dat ontstaat door de vergisting van nevenproducten uit de landbouw en vergisting van organisch biologisch afval van andere sectoren, de vergisting van mest en de verbranding van droge biomassa-resten (bv. snoeihout). Deze activiteiten moeten in eerste instantie aanzien worden als vormen van ecologisch verantwoorde afvalverwerking, en niet zozeer als energieproductie (energie is slechts een ‘nevenproduct’ van deze activiteiten). Als dusdanig verdienen deze initiatieven ondersteuning door de overheid (wat nu ook gebeurt), en deze ondersteuning moet in de toekomst verder gezet worden om de rentabiliteit van de installaties blijvend te garanderen.

[HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (MT)]

“OMSCHAKELING VAN CHEMIE NAAR BIO-BASED LEVERT NIEUWE RESTSTROMEN VOOR BIOMASSAVERBRANDING OF BIOGAS” (53)

De transitie naar een ‘biobased economy’ zal nieuwe lokale biomassa-reststromen veroorzaken die energietisch benut kunnen worden.

[BARRIÈRE MARKTVORMING (KT)]

“ECONOMISCHE HAALBAARHEID VAN VERWERKING RESTSTROMEN” (54)

Veel reststromen worden vandaag niet energetisch benut omdat het collecteren, ophalen, transport en verwerking te duur is t.o.v. fossiele alternatieven (bv. bermmaaisel).



[BARRIÈRE/HEFBOOM LEGITIMERING (KT)]

“PERCEPTIE VAN DE PRODUCTIE VAN LUCHTPOLLUENTEN TEN GEVOLGE VAN VERBRANDING VAN BIOMASSA OP GROTE SCHAAI” (55)

“MILIEUVRIENDELIJKHEID VAN BIOMASSAVERBRANDINGSCENTRALES OP BASIS VAN AFVALSTROMEN (≈ZERO EMISSIE)” (56)

“BEWUSTWORDING VAN DUURZAAMHEID VAN BIOMASSASTROMEN, VOORAL DIE NIET GEÏMPORTEERD MOETEN WORDEN” (57)

Er heerst een sterk negatieve perceptie rond de verbranding van biomassa als energiebron. In realiteit is de impact van de verbranding van biomassa op uitstoot van luchtpolluenten afhankelijk van de gebruikte biomassa en verbrandingstechniek. De verbranding van droge biomassa (bv. houtpellets, zaagsel, olijfpitten, snoeiselresten, enz.) stoot wel luchtpolluenten uit, maar grote verbrandingsinstallaties beschikken over geavanceerde rookgasreinigingstechnieken waardoor de uitstoot van deze installaties zeer laag is. De overheid moet meer inspanningen doen om het imago van energieproductie op basis van lokale biomassa (met respect voor het cascadeprincipe) te verbeteren.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – LEGITIMERING (KT)]

“SUPRA- EN INTERNATIONALE AFSPRAKEN OVER DUURZAAMHEID VAN BIOMASSA, INCL. DE ONTWIKKELING VAN EEN CONTROLESYSTEEM DAAROP MOET VEEL PRAGMATISCHER” (58)

De maatschappelijke aanvaardbaarheid van biomassatoepassingen hangt wellicht in sterke mate af van de duurzaamheid van de biomassastromen (= barrière). Vooral bij geïmporteerde stromen stelt zich hier een uitdaging naar adequate monitoring en onafhankelijke verificatie. Het probleem stelt zich volgens de deelnemers aan de workshop vooral bij het transport van biomassa uit het buitenland. De productie van biomassa wordt aan de bron gecontroleerd en gecertificeerd, maar in de transportfase worden dikwijls biomassastromen van verschillende oorsprong met elkaar gemengd (om aan bepaalde productspecificaties te voldoen), en dat gebeurt niet altijd op een transparante manier. Het oprichten van een adequaat monitoring en -controlesysteem dringt zich hier op (= hefboom).

4.3.3.6 Kernuitstap

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“DE KERNUITSTAP MAAKT RUIMTE VOOR INVESTERINGEN IN ALTERNATIEVE VORMEN VAN ENERGIE” (59)

De kernuitstap maakt ruimte voor investeringen in alternatieve vormen van elektriciteitsproductie.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“ONDERSTEUNINGSMECHANISME VOOR DE BOUW VAN GASCENTRALES” (60)

In de periode van nucleaire uitstap (2022-2025) moet eraan gedacht worden om een ondersteuningsmechanisme voor de bouw van alternatieve productiecapaciteit in te voeren. In principe moet het gekozen mechanisme de kosten van de transitie weg van kernenergie maximaal beperken, het concurrentievermogen van de ondernemingen en KMOs zo goed mogelijk vrijwaren en de koopkracht van de burgers zoveel mogelijk vrijwaren. Sommige deelnemers aan de workshop wezen er evenwel op dat het wenselijk zou zijn om duurzaamheidsvoorwaarden in te bouwen in het steunmechanisme. Een mogelijke suggestie was om de bouw van gascentrales enkel te ondersteunen op voorwaarde dat de restwarmte ook benut zou worden, via WKK of een warmtenet.



[BARRIÈRE/HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN HET ZOEKPROCES (KT)]

“ONZEKERHEID OVER UITSTAP KERNENERGIE OP POLITIEK NIVEAU, EN DE ONZEKERHEID VOOR INVESTEERDERS IN DUURZAME ENERGIE” (61)

“UITBLIJVEN BESLISSING MET BETREKKING TOT BERGING VAN HOOGDIOACTIEF AFVAL EN HET RISICO OP EEN ONGEVAL MET CATASTROFALE DIMENSIES” (62)

“EINDE VAN EEN GEPOLARISEERD MAATSCHAPPELIJK DEBAT” (63)

Het principe van de kernuitstap wordt op politiek niveau nog in vraag gesteld (=barrière). Dit creëert onzekerheid voor investeerders en heeft als gevolg een negatieve impact op de energietransitie. Kernenergie is al sinds de jaren '70 het onderwerp van een gepolariseerd maatschappelijk en wetenschappelijk debat, o.a. door het uitblijven van een beslissing met betrekking tot berging van hoogradioactief afval en het risico op een ongeval met catastrofale dimensies. Een duidelijke principiële beslissing, ondersteund door de belangrijkste politieke partijen, sluit dit debat en onderlijnt de noodzaak tot ontwikkeling van alternatieven (= hefboom).

[BARRIÈRE LEGITIMERING (KT)]

“VRAAG VAN ENERGIE-INTENSIEVE INDUSTRIE VOOR VERLENGING VAN DE LEVENSDUUR VAN EEN AANTAL KERNCENTRALES OMWILLE VAN DE VREES VOOR EEN HOGE ELEKTRICITEITSPRIJS IN VERGELIJKING MET HET BUITENLAND” (64)

Voor de energie-intensieve industrie in Vlaanderen vreest dat door de kernuitstap de elektriciteitsprijzen in vergelijking met het buitenland de hoogte in zullen schieten. Zij zijn dan ook één van de belangrijkste vragende partijen (naast de nucleaire lobby verenigd in het Nucleair Forum) voor een verlenging van de levensduur van een aantal kerncentrales.

4.3.3.7 Hoge temperatuur warmte voor de industrie

[HEFBOOM – KENNISONTWIKKELING/KENNISUITWISSELING (KT)]

Fundamentele innovaties in productietechnologieën, -processen en -methoden zijn nodig om de industriële CO<sub>2</sub>-emissies verder naar beneden te brengen. Voorbeelden hiervan zijn biochemische technologieën (bv. hoogwaardige chemicaliën met enzymen maken in plaats van met de klassieke chemie), membraan-scheiding en geavanceerde extractie (in plaats van destilleertechnologieën waar veel warmte voor nodig is) en clustering van bedrijven zodat ze van elkaars restproducten en restwarmte gebruik kunnen maken. Vlaanderen heeft met zijn chemische cluster en kennisinstituten een uitstekend positie om een prominente rol te spelen in dit soort innovatieve initiatieven.

[BARRIÈRE – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

Implementatie van deze koolstofarme alternatieven vergt echter in de meeste gevallen de ombouw van een volledige productie-installatie.

[HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (KT)]

Vlaanderen beschikt over industriële activiteiten die een belangrijke rol kunnen spelen in de transitie naar een koolstofarme economie (bv. productie van isolatiematerialen en lichtgewicht materialen in de chemische sector, recyclage van (auto)batterijen in de non-ferro industrie, enz.). Innovatie biedt deze bedrijven ook concurrentievoordelen, schept werkgelegenheid en vergroot het exportpotentieel. De vraag naar producten en diensten die inspelen op de omslag naar een duurzame economie, neemt wereldwijd alleen maar toe.



[BARRIÈRE – MOBILISEREN VAN MIDDELEN (KT)]

Voor de vereiste transitie naar een duurzaam energiesysteem in Vlaanderen volstaan incrementele efficiëntieverbeteringen niet meer. De industrie ziet voor zichzelf beperkt mogelijkheden om incrementele efficiëntiestappen te zetten die verder gaan dan de bedrijfsinterne financiële criteria. Voor verduurzaming gelden geen afwijkende financieringscriteria, tenzij het wettelijk wordt voorgeschreven. Energie-efficiëntieprojecten moeten concurreren met andere winstgevende projecten.

[BARRIÈRE – MOBILISEREN VAN MIDDELEN (KT)]

De financiering van grotere verduurzamingsstappen is nog niet aan de orde binnen de energie-intensieve industrie. De technische risico's zijn al groot en er is onder de huidige omstandigheden in de meeste gevallen onmogelijk een goede business case te maken voor elektrificatie, koolstofafvang en -opslag (CCS) of -hergebruik (CCU) en substitutie van olieproducten door biomassa.

[BARRIÈRE – MARKTVORMING (KT)]

Omdat de Vlaamse economie in internationaal perspectief relatief energie-intensief is en bovendien grotendeels op fossiele energie gebaseerd is, zal de benodigde energietransitie naar een koolstofarme energievoorziening juist in Vlaanderen leiden tot relatief grote veranderingen. Bovendien is het tempo van de industriële transitie in Vlaanderen gebonden aan de vooruitgang op EU- en zelfs mondiaal niveau. Unilaterale actie voor internationale sectoren heeft geen zin omdat bedrijven of bedrijvigheid zich dan mogelijk verplaatsen naar regio's met een minder stringent klimaatbeleid waardoor de CO<sub>2</sub>-emissies op mondiale schaal niet afnemen.

[BARRIÈRE – MARKTVORMING (KT)]

Op Europees en mondiaal niveau is beprijsen via de CO<sub>2</sub> –handelsprijs (via het Europese systeem voor emissiehandel voor broeikasgassen, EU ETS) in principe een goede weg. Tot nu toe is de prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten echter zo laag gebleven dat er onvoldoende economische prikkels vanuit gaan om sterke reductiemaatregelen te nemen. Op dit moment is het niet zeker of de herziening van het EU ETS voor de periode 2020 tot 2030 een voldoende hoge CO<sub>2</sub>-prijs zal opleveren om de gewenste industriële energietransitie op gang te brengen.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN HET ZOEKPROCES (KT)]

Er is zeker perspectief voor vergaande verduurzaming van (middel-)hoge temperatuur warmte in de industrie (zie Sectie 3.3). Maar tegelijkertijd legt de industrie in Vlaanderen hier minder concrete plannen voor een koolstofarme sector voor in vergelijking met andere sectoren (=barrière). Een concrete richtinggevende visie op een duurzame (koolstofarme) industrie in Vlaanderen is er nog niet. Deels komt dat doordat de benodigde technologie vaak nog niet beschikbaar of momenteel te duur is. Voor de belangrijkste energie-intensieve bedrijfstakken zijn koolstofarme technologische opties beschikbaar (maar momenteel nog te duur) of in ontwikkeling. Belangrijke Europese sectorfederaties (zoals CEFIC voor de chemie, EUROFER voor de staalindustrie, CEPI voor de papierindustrie, enz.) hebben al roadmaps opgemaakt waarin ze de opties oplistten om in 2050 tot een koolstofarme bedrijfsvoering te komen.

[HEFBOOM – RICHTING GEVEN AAN HET ZOEKPROCES (KT)]

In het kader van het lange termijn klimaatplan dat in de nabije toekomst door de EU lidstaten moet worden ingediend om te verduidelijken hoe zij de doelstellingen opgenomen in het klimaatakkoord van Parijs denken te verwezenlijken kunnen in overleg met de verschillende industriële sectoren industrie-specifieke roadmaps opgenomen worden.



## 4.4 Afstemming van de energievraag op het -aanbod

### 4.4.1 Visie 2050

Een van de grote uitdagingen met het integreren van hernieuwbare energiebronnen is de variabiliteit van het aanbod van hernieuwbare energiebronnen zoals zonne- en windenergie. Om toch aan de energievraag te voldoen zijn een of meer van volgende oplossingen noodzakelijk:

- Lokale afstemming van de elektriciteits- en/of warmtevraag op het elektriciteitsaanbod, met volgende mogelijkheden:
  - Zelfconsumptie bevorderen op individueel niveau
  - Zelfconsumptie bevorderen op wijkniveau/bedrijventerrein
  - “Eilandwerking” van een wijk/bedrijventerrein (gedurende lange periodes onafhankelijk van grid werken)
  - Diensten voor de distributienetbeheerder (congestiemanagement)
- Afstemming van de elektriciteitsvraag en -aanbod op systeemniveau:
  - Balanceringsdiensten voor de elektriciteitsmarkt op korte termijn (minuten tot weken)
  - Balanceringsdiensten voor de elektriciteitsmarkt op lange termijn (overbruggen van seizoen verschillen)
  - Diensten voor de transmissienetbeheerder (reserves)
- Power-to-gas (waterstof/methaan):
  - Als grondstof voor industrie (chemie, raffinaderijen ...)
  - Als brandstof voor wagen (waterstofauto's)
  - Als grondstof voor low-carbon fuels (bio methanol, bio methaan)
  - Bijmengen in gasnetwerk

Tevens werd door de deelnemers aan de workshop opgemerkt dat het binnen de tijdshorizon 2050 best denkbaar is dat bepaalde technologische doorbraken ('wild cards') als 'game changers' het volledige aanzicht van het energiesysteem kunnen veranderen. Voorbeelden zijn:

- de doorbraak van supercondensatoren (nu nog veel te duur, maar kunnen op zeer korte tijd opgeladen worden, wat de toepassing in auto's zeer interessant zou maken);
- de doorbraak van kleinschalige goedkope elektrolysesystemen (wat een goedkope productie van waterstof als opslagmedium zou mogelijk maken)<sup>192</sup>;
- de doorbraak van inductief opladen (wat het aanleggen van laadpalen en -kabels overbodig zou maken);
- of de doorbraak van de zelfrijdende auto (die het benodigde wagenpark aanzienlijk kan doen inkrimpen, en dus ook de elektriciteitsvraag voor het elektrisch aangedreven transport).

### 4.4.2 Transitiepad

In tegenstelling tot de deeldomeinen 'verduurzaming van de lage temperatuur warmte- en koude voorziening' en 'verduurzaming van het energieaanbod' wordt het deeldomein 'afstemming van de energievraag op het -aanbod' gezien als een domein dat volop in ontwikkeling is (cf. figuur 11). De huidige penetratiegraad van variabele hernieuwbare energiebronnen zoals zonne- en windenergie is nog niet van

---

<sup>192</sup> Zie bv. <https://medium.com/@CH2ange/patrick-paill%C3%A8re-ergosup-hydrogen-enables-energy-decentralization-e480bd89f1c8>, geraadpleegd op 19/3/2018.





het appartementsgebouw zou dan zoveel mogelijk afgestemd worden op decentrale productie binnen het gebouw zelf (bv. PV panelen op het dak, een WKK of warmtepomp met warmtebuffer in de kelder), zodat de aansluiting met het distributienet zo weinig mogelijk belast wordt. Om dit mogelijk te maken moet evenwel het salderen van de PV-productie mogelijk gemaakt worden.

Op het gebied van een verdere uitbreiding van actieve vraagsturing op systeemniveau (i.e. het verschuiven van de energievraag in de tijd naargelang de kost van de elektriciteit op de markt) zien de deelnemers aan de workshop een uitbreiding van deze vraagsturing in het energiesysteem tot het residentiële niveau, waar aggregatoren als nieuwe marktpartijen naar verwachting commerciële activiteiten zullen ontplooien. Tevens zouden energieleveranciers naar verwachting in de nabije toekomst dynamische (tijdsvariabele) tarieven in hun marktaanbod opnemen. Eén van de cruciale vragen is echter of de doorsnee residentiële consument zal kunnen/willen deelnemen aan die ontluikende flexibiliteitsmarkt en zijn vraag zal verschuiven in de tijd. Uit proefprojecten blijkt dat de installatie van de nodige slimme aansturing van apparaten niet altijd evident is en het potentieel voor kostenreductie op de factuur beperkt. Op langere termijn zal het naar verwachting interessanter worden voor residentiële klanten om ook deel te nemen aan de flexibiliteitsmarkt, als de elektrificatie van de warmtevoorziening (op basis van warmtepompen) en het transport (elektrisch aangedreven voertuigen) een ruimere toepassing kennen. In de toekomst is het volgens de deelnemers aan de workshop niet ondenkbaar dat bestaande of nieuwe spelers in de energie-markt businessmodellen zullen ontwikkelen die gebaseerd zijn op het concept van de totale ontzorging van energiediensten voor huishoudens, KMOs of appartementsgebouwen. Zo'n 'ontzorgingsmodel' is erop gebaseerd dat aan de klant bepaalde energiediensten gegarandeerd worden (bv. voldoende warmte-comfort, voldoende elektriciteit voor gespecificeerde gebruiken, enz.) die geleverd worden door op basis van een optimale combinatie van vraagsturing, energieopslag en decentrale energieopwekking die de 'ontzorgers' ter plekke voorziet. De klant betaalt een maandelijks bedrag voor de energiediensten en hoeft dus zelf niet meer te investeren in de nodige infrastructuur.

Op de lange termijn, wanneer naar verwachting hernieuwbare energiebronnen een aanzienlijk percentage van de energievoorziening voor hun rekening zullen nemen, zullen 'power-to-hydrogen' toepassingen aan belang winnen. Als opslagmedium kan waterstof complementair zijn aan batterijen; door waterstof in het gasnet te injecteren kan het immers als seizoensopslag gebruikt worden. Om deze toepassing te faciliteren moet het gasnet wel aangepast worden voor bijmenging met waterstof. Naar verwachting van sommige deelnemers aan de workshop moet het uitfasen van het gasnetwerk in Vlaanderen op een termijn van 100 jaar bekeken worden, eerder dan 2050 als horizon te hanteren. Dit zou betekenen dat er nog gedurende een lange overgangperiode een rol is weggelegd voor groen gas in het Vlaamse energiesysteem. Het waterstof geproduceerd door elektrolyse kan niet alleen gebruikt worden voor energieopslag maar ook als grondstof voor bijvoorbeeld olieraffinaderijen of voor het opwerken van biogas tot aardgaskwaliteit. Een stimulans voor groen geproduceerde waterstof (bv. naar analogie van het systeem van groene stroom-certificaten) kan een hefboom zijn voor de uitrol van elektrolyse. 'Power-to-methane' zal enkel toegepast worden als er een overschot is aan waterstofproductie. Naar verwachting van de deelnemers aan de workshop zal dergelijk overschot zich voor 2050 niet voordoen, en zijn de kansen voor 'power-to-methane' binnen de horizon van deze denkoefening dus eerder beperkt.





### 4.4.3 Barrières en hefboomen in verschillende clusters

#### 4.4.3.1 Algemeen

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“VERALGEMEENDE INVOERING DIGITALE METERS” (1)

##### “DIGITALE METERS ALGEMEEN VERSPREID (2030)” (2)

Begin februari 2017 keurde de Vlaamse regering de conceptnota<sup>193</sup> goed over de verplichte uitrol van digitale meters in Vlaanderen. Digitale meters zijn een algemene ‘enabler’ voor toepassingen op het gebied van afstemmen van energievraag en -aanbod. De conceptnota stelt voor om vanaf begin 2019 te starten met de verplichte uitrol van digitale elektriciteits- en gasmeters bij nieuwbouw, verplichte metervervanging en ingrijpende renovatie, nieuwe en bestaande decentrale productie, budgetmeters op vraag en een volledige vervanging van bestaande meters ‘zodra de digitale meter een bepaalde kritische penetratiegraad heeft bereikt’. De conceptnota geeft als een van de voornaamste baten van het invoeren van digitale meters aan dat een beter inzicht wordt verkregen in gebruik van het distributienet door meting en registratie van gedetailleerde gebruiksgegevens. De nota stelt ook dat deze gegevens kunnen worden aangewend voor ondersteuning van netbeheer en netontwikkeling, en ontwikkeling van nieuwe prijsstructuren (waaronder tarieven gebaseerd op piekverbruik en ‘time-of-use’ prijzen) en beslissingen over bijkomende netversterkingen of lokale opslagtechnologie. Er wordt vermeld dat aan de hand van deze metingen men ook beter in staat kan zijn de tarieven op een meer accurate manier toe te passen. Dit in tegenstelling tot het huidige prosumementarief dat gebaseerd is op een schatting van de niet-gemeten afname en vervolgens wordt aangerekend op basis van het omvormervermogen.

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)] (3)

##### “EU REGELGEVING IN OPBOUW (CLEAN ENERGY PACKAGE)” (4)

De EU zet sterk in op het verder integreren van de Europese energiemarkt (zie o.a. de “State of the Energy Union 2015”)<sup>194</sup>. Dit behelst o.a. betere internationale connecties, het verwijderen van regelgevende barrières voor handel, het nastreven van een prijsconvergentie tussen verschillende EU elektriciteitsmarkten, het beperken van prijsregulering, en ‘consumer empowerment’ o.a. door de uitrol van digitale meters. Concreet vinden deze ambities een vertaling in het recente maatregelenpakket ‘Clean Energy for All Europeans’ (het zogenaamde ‘Clean Energy Package’)<sup>195</sup>. Naast voorstellen voor o.a. vernieuwde richtlijnen voor energie-efficiëntie, energieprestatieregelgeving (EPB) en hernieuwbare energie, worden ook nieuwe spelregels voor de elektriciteitsmarkt geïntroduceerd<sup>196</sup>. Bedoeling van het ‘Clean Energy Package’ is vooral om de werking van de EU elektriciteitsmarkt aan te passen aan de noden van het energiesysteem van de toekomst (in 2030 zal naar schatting 50% van de EU elektriciteit afkomstig zijn van hernieuwbare energiebronnen) en om de consument aan te moedigen tot actieve participatie in de elektriciteitsmarkt.

---

<sup>193</sup> Zie <https://docs.vlaamsparlement.be/docs/stukken/2016-2017/g1074-1.pdf>

<sup>194</sup> Zie <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1449767367230&uri=CELEX:52015DC0572>, geraadpleegd op 13/3/2018.

<sup>195</sup> Zie <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>, geraadpleegd op 13/3/2018.

<sup>196</sup> Zie [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/technical\\_memo\\_marketsconsumers.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/technical_memo_marketsconsumers.pdf), geraadpleegd op 13/3/2018.



#### [HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (MT)]

“BATTERIJEN OP WIJKNIVEAU (MET VRIJHEID VAN PARTICIPATIE) ALS ALTERNATIEF VOOR PRIVÉ OPSLAG” (6)

De deelnemers aan de workshop zagen op de middellange termijn mogelijkheden om nieuwe businessmodellen rond het eigenaarschap, installatie en gebruik van batterijsystemen te introduceren. Dergelijke businessmodellen zouden bv. de vorm aan kunnen nemen van een leasingcontract: gebouweigenaars zijn dan niet langer eigenaar van het batterijsysteem (eventueel in combinatie met andere systemen zoals bv. PV) maar betalen een maandelijks leasingbedrag aan de eigenaar en uitbater van het systeem. In ruil daarvoor krijgt de gebouweigenaar een gegarandeerde energiedienst, zoals bv. de garantie op een lagere energiefactuur in vergelijking met een traditioneel leveringscontract. Het is tevens mogelijk dat dergelijke leasingformules worden aangeboden voor het gebruik van een gemeenschappelijke batterij op wijkniveau (wijkbatterijen). Het voordeel van een leasingformule is dat de gebouweigenaar niet zelf het initiële investeringsbedrag op tafel moet leggen, terwijl er bovendien ook mogelijkheden ontstaan voor andere ondernemersactiviteiten zoals bv. het recyclen van batterijen of het ‘second life’ aspect van autobatterijen (autobatterijen zijn niet meer bruikbaar voor transportdoeleinden eens ze door gebruik op ongeveer 80% van hun capaciteit terugvallen, maar op dat moment kunnen deze batterijen nog perfect ingeschakeld worden voor balanceren van energieaanbod en -vraag op gebouwniveau).

#### [BARRIÈRE/HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (MT/LT)]

“VEHICLE-TO-GRID TECHNOLOGIE (VOERTUIGBATTERIJ IN BALANS MET NETWERK)” (7)

“NIEUWE VORMEN VAN BATTERIJBESCHIKBAARHEID (BV. LEASING DOOR SAMENWERKING VOERTUIGPRODUCENT/ENERGIELEVERANCIER)” (8)

“IMPACT OP LEVENSDUUR BATTERIJ VAN ELEKTRISCHE VOERTUIGEN BIJ FREQUENTER OP/ONTLADEN” (9)

Bij een voldoende groot aandeel elektrische voertuigen biedt de ‘vehicle2grid’ technologie een interessante opportuniteit om de autobatterijen ook in te schakelen bij het afstemmen van de energievraag op het -aanbod (= hefboom)<sup>199</sup>. Een nadeel van de ‘vehicle2grid’ toepassing is nu evenwel nog dat door het frequent afwisselen van op- en ontladcycli de levensduur van de batterij in negatieve zin beïnvloed wordt (= barrière). De deelnemers aan de workshop achtten het echter zeer waarschijnlijk dat hier in de toekomst wel een oplossing voor zou gevonden worden.

#### [BARRIÈRE - MARKTVORMING (MT)]

“VERWACHTINGEN GEBRUIKERS ELEKTRISCHE VOERTUIGEN” (10)

Maatschappelijke weerstand kan misschien verwacht worden bij ‘vehicle2grid’ toepassingen, aangezien het voor het comfortgevoel van de gebruiker van het voertuig belangrijk lijkt dat steeds de maximale rijafstand beschikbaar is voor het voertuig na het opladen van de batterij.

#### [BARRIÈRE/HEFBOOM – MARKTVORMING (MT/LT)]

“DUURZAAMHEID VAN BATTERIJEN” (11)

“RECYCLAGE VAN BATTERIJEN” (12)

Specifiek voor lithium-ion technologie stelt zich wel een mogelijk probleem van de uitputting van lithiumvoorraden (bij de te verwachten sterke groei van deze technologie). Tevens bevinden 91% van de geïdentificeerde lithiumvoorraden zich momenteel in ontwikkelende landen, wat een belangrijke uitdaging betekent m.b.t. de duurzaamheid van de gebruikte ontginningstechnieken en arbeidsvoorwaarden.

---

<sup>199</sup> Volgens een van de deelnemers aan de workshop zou de autofabrikant NISSAN nu al een jaarlijks bedrag uitbetalen aan de eigenaars van één van hun elektrische voertuigen op voorwaarde dat ze de autobatterij bij het opladen ook mogen gebruiken om net ondersteunende diensten te leveren.

Lithium-ion batterijen vereisen ook veel energie in de productie (ongeveer 90 MJ per kg batterij), wat een negatieve impact heeft op de indirecte emissies en broeikasgasbalans van dit type batterij over de hele levenscyclus (= barrière). Recyclage van lithium-ion batterijen kan voor deze problemen een oplossing bieden (= hefboom). Gezien de relatief recente doorbraak van de Lithium-ion technologie is er nog geen volwassen markt voor batterijrecyclage. Deze route wordt momenteel verkend via onderzoek en demonstratie. Het recyclen van Li-ion batterijen is niet evident en kan ongewenste milieueffecten veroorzaken. Hierdoor is een analyse van de volledige levenscyclus zeer belangrijk.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“TOENEMENDE KOSTEFFICIËNTIE IN BATTERIJ-TECHNOLOGIE EN DOOR SCHAALGROOTTE IN PRODUCTIE” (13)

De belangrijkste technologische hefboom voor batterijen is de daling van de kostprijs, die sterker daalt dan de meest optimistische verwachtingen. Verschillende batterijtechnologieën zijn bovendien met mekaar in competitie; lithium-ion technologie heeft momenteel de bovenhand voor kleinschalige toepassingen (mobiliteit, huishoudens en KMOs).

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“LAGE- TOT ZERO-EMISSIEZONES” (14)

“EUROPESE REGELGEVING VOOR VERPLICHTE INRICHTING VAN AUTO-LAADPUNTVORZIENINGEN” (15)

De deelnemers aan de workshop zagen in het groeiend aantal stedelijke initiatieven tot het instellen van lage emissiezones, die in de toekomst wellicht verder zullen evolueren tot het verbannen van dieselvoertuigen uit de steden of zelfs tot nul-emissiezones, een belangrijke hefboom om elektrische mobiliteit in de markt te zetten, met indirect (via de ‘vehicle2grid’ technologie) ook een mogelijk impact op het balanceren van het energiesysteem. Het gebruik van elektrische voertuigen in een stedelijke omgeving kan bv. aangemoedigd worden via Europese regelgeving m.b.t. het voorzien van voldoende laadpunten.

[AANDACHTSPUNT - LEGITIMERING (MT)]

“VEILIGHEIDSRISICO’S VAN BATTERIJEN” (16)

Batterijen stoten uiteraard geen luchtpolluenten uit bij gebruik, maar men dient rekening te houden met de gevaren, zoals brand en het vrijkomen van giftige stoffen, die gekoppeld zijn aan het kortsluiten of falen van een batterij met hoge vermogensdichtheden. Mogelijke incidenten met bv. thuisbatterijen kunnen op korte tijd een negatieve perceptie rond de technologie creëren, die eens ingezet moeilijk om te keren is.

4.4.3.3 Lokale afstemming van de elektriciteits- en/of warmtevraag op het elektriciteitsaanbod

[opmerking 1: in deze sectie bespreken we enkel de oplossingen of innovaties die specifiek betrekking hebben op de lokale afstemming van de elektriciteits- en/of warmtevraag op het elektriciteitsaanbod, d.w.z. op het niveau van een individueel huishouden, gebouw, straat of wijk, gekoppeld aan een lokaal netwerk. Sommige van de oplossingen die we onder sectie 4.4.3.4 bespreken kunnen echter ook op lokaal niveau toegepast worden.]

[opmerking 2: eilandwerking van microgrids (d.w.z. dat het lokale microgrid volledig onafhankelijk van het hoofdnets kan werken) werd door de deelnemers aan de workshop niet als een wenselijke oplossing gezien, en wel om hoofdzakelijk twee redenen. Ten eerste kan een lokaal overschot aan hernieuwbare energieproductie niet op het hoofdnets gezet worden. Ten tweede zou een eilandwerking, indien algemeen toegepast, er voor zorgen dat de kosten voor de uitbating van het nog bestaande distributienetwerk door steeds minder schouders gedragen zouden worden, wat vanuit een solidariteitsstandpunt niet wenselijk is.



De deelnemers aan de workshop waren dan ook van mening dat eilandwerking ontmoedigd zou moeten worden, bv. via een aangepaste tarifiering voor gebruik van het distributienet die volledige ontkoppeling financieel gezien onaantrekkelijk zou maken.]

[BARRIÈRE/HEFBOOM KENNISONTWIKKELING (MT)]

“COMMUNICATIE TUSSEN ELEKTRISCHE VOERTUIGEN OM LAADGEDRAG TE STUREN” (17)

“LOKALE OMSTANDIGHEDEN BEÏNVLOEDEN KEUZE VOOR LAADPUNTOPLOSSING (DATA-COMMUNICATIE VS. KABELAANLEG)” (18)

In bepaalde gevallen kunnen batterijen (ook van auto's) en lokale vraagsturing ook problemen in het net veroorzaken wanneer zij bijvoorbeeld simultaan reageren op prijsprikkels. Het ontwikkelen van geschikte controlesystemen voor vraagsturing en batterijen is essentieel. We denken hier bv. aan de zogenaamde 'smart charging' voor elektrische voertuigen. Als barrière zagen de deelnemers aan de workshop dat de DNB in lokale omstandigheden ervoor kan kiezen om het netwerk te versterken via kabelaanleg (i.p.v. te steunen op 'smart charging').

[BARRIÈRE/HEFBOOM – MARKTVORMING (KT/MT)]

“BEPERKTE BATTERIJCAPACITEIT KAN PRODUCTIEOVERSCHOT HE NIET OPVANGEN WAARDOOR AFSCHAKELING PRODUCTIE NODIG IS” (19)

“BLIJVEND HOOG ENERGIEVERBRUIK BEPERKT DE MOGELIJKHEID VAN BATTERIJOPSLAG OM BIJ TE DRAGEN TOT HOGE GRAAD ZELFVOORZIENING”

“SLIMME CONTROLE VAN ENERGIESYSTEMEN” (20)

Slimme controle van energiesystemen op het niveau van individuele huishoudens of KMOs vergen een eerder beperkte investering, waardoor deze toepassingen veel dichterbij de markt staan (= hefboom). Voor zonnepanelen kunnen bv. passieve systemen uitgewerkt worden (bv. onder dimensioneren van de invertor) die een vlottere integratie in het net kunnen bewerkstelligen. Anders dan bij batterijopslag, waar techno-economische beperkingen nog steeds een massale uitrol verhinderen, is een toename van slimme controle vaak een kwestie van regulering (= barrière). Zo is de netbeheerder bv. momenteel verplicht om het laagspanningsnet te versterken indien er klachten zijn dat zonnepanelen automatisch afschakelen bij overspanning, terwijl dit in totaal mogelijk maar over een kleine hoeveelheid energie gaat die zo extra op het net kan gezet worden.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“MONITORING VAN PROSUMERS ALS BASIS VOOR MEER FLEXIBELE PRIJSZETTING” (21)

“PRIJSAANSPORINGEN VOOR AANGEPAST INDIVIDUEEL ELEKTRICITEITSGEBRUIK (MIDDEN-LAAGSPANNING) (ZOALS VOOR INDUSTRIE-HOOGSPANNING)” (22)

Een van de belangrijkste hefboomen (en gezien de huidige situatie, een barrière) is de invoer van een tarief dat consumenten van een financiële stimulans voorziet om de eigen geproduceerde energie te consumeren (= hefboom). Dit kan in verschillende vormen (bv. injectietarief voor zonnepanelen, dynamische energietarieven, capaciteit gebaseerde distributienettarieven, enz.). Zo kan het toekomstige distributienettarief bv. verschillende tarieven aanrekenen voor verschillende capaciteitsschijven: een basistarief voor een basiscapaciteit (die een basiscomfort toelaat), hogere tarieven voor hogere aansluitingscapaciteiten (voor wie meer comfort wil). Hierdoor kan bv. een investering in een thuisbatterij financieel interessant worden. Momenteel is het zo dat de consument niet blootgesteld wordt aan het verschil in reële kost tussen energieconsumptie 's avonds tijdens de piekuren en energieconsumptie tijdens de dag (= barrière), waar een groot aandeel hernieuwbare energieproductie beschikbaar is.



[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“VERALGEMENING POWER-TO-HEAT IN INDIVIDUELE GEBOUWEN (BV. COMBINATIE PV + WARMTEPOMP + BOILER)” (23)

“VERALGEMENING POWER-TO-HEAT IN WARMTENETTEN (COMBINATIE WKK MET ELEKTRICITEIT VOOR WARM WATER EN VERWARMING)” (24)

“UITBREIDING EPB-NORM MET FLEXIBILITEIT IN ENERGIEVOORZIENING” (25)

‘Power-to-heat’ oplossingen op het niveau van individuele gebouwen of op het niveau van een straat of wijk (koppeling aan een warmtenet in combinatie met een WKK) zouden voor de deelnemers aan de workshop ruimer ingang moeten vinden om de lokale elektriciteits- en warmtevrage beter af te stemmen op het aanbod aan lokaal geproduceerde elektriciteit. Dit kan bv. opgelegd worden via de uitbreiding van de EPB-normen naar het voorzien van flexibiliteit.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“WKK GEBASEERD OP WARMTEAFNAME I.P.V. GASCENTRALES OM KERNUITSTAP OP TE VANGEN” (26)

“WKK GEBASEERD OP WARMTEAFNAME OVER LANGERE TERMIJN VEREIST GROTERE WARMTESTOCKAGE CAPACITEIT (KOST?)” (27)

Bij de eventuele ondersteuning voor de bouw van nieuwe gascentrales ter vervanging van de nucleaire capaciteit kan de voorrang gegeven worden aan projecten die een WKK-centrale koppelen aan een lokale warmtevoorziening. Nog interessanter (in het kader van het afstemmen van energievraag op -aanbod) is het om ook een warmteopslag te voorzien zodat de warmte die geproduceerd wordt bij het flexibel inschakelen van de WKK om tekorten op de elektriciteitsmarkt aan te vullen niet verloren gaat, en ingespeeld kan worden op de seizoensgebonden variaties in de warmtevrage.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“MICROGRIDS (APPARTEMENTEN, WIJKEN, STADSDELEN)” (28)

Volgens de deelnemers aan de workshop is de toepassing van een microgrid op het niveau van een appartementsgebouw, een wijk of een stadsdeel een interessante piste. De energievraag van de bewoners van het appartementsgebouw zou dan zoveel mogelijk afgestemd worden op decentrale productie binnen het gebouw zelf (bv. PV panelen op het dak, een WKK of warmtepomp met warmtebuffer in de kelder), zodat de aansluiting met het distributienet zo weinig mogelijk belast wordt. Om dit mogelijk te maken moet evenwel het salderen van de PV-productie mogelijk gemaakt worden (cf. Sectie 4.3.3.4).

[HEFBOOM – MARKTVORMING (LT)]

“MARKTDIENSTEN VOOR DNBS” (29)

Naar de inschatting van de deelnemers aan de workshop zullen DNBS pas na 2030 actief gebruik gaan maken marktdiensten (aangeboden door aggregatoren) die hen helpen bij het beheren van mogelijke congesties op het lokale netwerk.

[BARRIÈRE LEGITIMERING (MT)]

“MOGELIJK PRODUCTIEOVERSCHOT HE (OPVANG DOOR AFSCHAKELING OF DOORREKENING KOSTEN VOOR ABSORPTIE OP HET NET)” (30)

Het afschakelen van hernieuwbare energieproductie (‘curtailment’) kan toelaten om snel meer bronnen te integreren in lokale distributienet, en is wellicht een belangrijk element in het meest kosten optimale pad naar een toename van hernieuwbare energieproductie. Echter in de perceptie van de mensen, en zeker in de ogen van een investeerder, moet zorgvuldig omgegaan worden met communicatie, aangezien het ‘weggooien’ van energie een negatieve connotatie kan krijgen. Eventueel kan gedacht worden aan een compensatie.



#### 4.4.3.4 Afstemming van de elektriciteitsvraag op het -aanbod op systeemniveau

##### [HEFBOOM – ONDERNEMERSACTIVITEITEN (MT)]

“DIENSTVERLENING VAN ENERGIELEVERANCIERS OP GEBIED VAN DEMAND-SIDE MANAGEMENT” (31)

“AANSTURING VAN AANBOD DOOR AGGREGATOREN OP BASIS VAN MODULEERBARE VRAAGPAKETTEN” (32)

“SAMENWERKING VAN AGGREGATOREN MET PRODUCENTEN EN INSTALLATEURS VAN TOESTELLEN VOOR GEBRUIKSVRIENDELIJKE OPLOSSINGEN” (33)

In de toekomst is het niet ondenkbaar dat bestaande of nieuwe spelers in de energiemarkt business-modellen zullen ontwikkelen die gebaseerd zijn op het concept van de totale ontzorging van energiediensten voor huishoudens, KMOs of appartementsgebouwen. Zo’n ‘ontzorgingsmodel’ is erop gebaseerd dat aan de klant bepaalde energiediensten gegarandeerd worden (bv. voldoende warmtecomfort, voldoende elektriciteit voor gespecificeerde gebruiken, enz.) die geleverd worden door op basis van een optimale combinatie van vraagsturing, energieopslag en decentrale energieopwekking die de ‘ontzorgers’ ter plekke voorziet. De klant betaalt een maandelijks bedrag voor de energiediensten en hoeft dus zelf niet meer te investeren in de nodige infrastructuur.

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (KT/MT)]

“VERALGEMENING VAN DIENSTVERLENING AGGREGATOREN VOOR PRIVÉ- EN KMO-GEbruikers (OM VRAAG/AANBOD OP ELKAAR AF TE STEMMEN)” (34)

Actieve vraagsturing, i.e. het verschuiven van de energievraag in de tijd naargelang de kost van de energie, is reeds commercieel actief in België, door onder meer de R3DP marktproducten<sup>200</sup> en de onderbreekbare energiecontracten. Naar de toekomst toe zien de deelnemers aan de workshop een uitbreiding van deze vraagsturing in het energiesysteem tot bv. het residentiële niveau, waar aggregatoren als commerciële partijen naar verwachting commerciële activiteiten zullen ontplooiën.

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“DYNAMISCHE TARIEVEN” (35)

Volgens de deelnemers aan de workshop is er bij de energieleveranciers interesse om op termijn ook dynamische tarieven op de markt aan te bieden. Dergelijke tarieven geven een stimulans aan eindgebruikers om elektriciteit te gebruiken op momenten dat die goedkoop geproduceerd kan worden (bv. groot aanbod wind- en/of zonne-energie), en minder elektriciteit te gebruiken op momenten dat de elektriciteit duur is (veel vraag en beperkt aanbod).

##### [HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“INTERCONNECTIVITEIT VOOR ELEKTRICITEIT IN HEEL EUROPA” (36)

“TOENEMEND AANBOD HE IN EU ZAL NOG MEER UITWISSELING VAN ELEKTRICITEIT VEREISEN (NU 10% > ≈30%)” (37)

Het versterken van de interconnectiecapaciteit met het buitenland is een goede manier om de Belgische elektriciteitsgebruikers in te dekken tegen grote prijsfluctuaties op de elektriciteitsmarkt. Algemeen geldt de regel: hoe meer interconnectie, hoe stabielere prijzen. Op gebied van transmissie van elektriciteit zijn er verschillende projecten gepland om de verbinding met de buurlanden te verbeteren. Zo is er de geplande rechtstreekse verbinding met het Duitse net via het Alegro-project, het Stevin- en Nemo-project dat de verbinding met Engeland moet verzorgen, en enkele andere projecten zodat na 2020 iets meer dan 6 GW aan importcapaciteit beschikbaar zou zijn.

---

<sup>200</sup> Zie <https://www.eandis.be/nl/klant/aansluitingen/meer-over-aansluitingen/flexibiliteit-r3dp> voor een duidelijke uitleg.

[ONZEKERHEID – MARKTVORMING (LT)]

“INTERCONNECTIVITEIT VOOR ELEKTRICITEIT IN HEEL EUROPA” (38)

“LAGE HE-PRODUCTIE IN BELGIË BETEKENT MEESTAL OOK LAGE HE BESCHIKBAARHEID IN BUURLANDEN” (39)

“KOST VAN DOORVOER VAN ELEKTRICITEIT VOOR MEER INTERNATIONALE FLEXIBILITEIT (BELGIË ALS DOORVOERLAND - WIE BETAALT?)” (40)

“POLITIEK DRAAGVLAK (EU/NATIONAAL) VOOR INVESTERING IN TRANSMISSIENETWERK” (41)

“ONDUIDELIJKHEID OVER TOEKOMSTIGE NOOD (CAPACITEIT) VOOR ELEKTRICITEITSUITWISSELING BINNEN EUROPA” (42)

“PRIJZETTING VOOR ELEKTRICITEIT IN EU-LANDEN IS VERSCHILLEND” (43)

Op de lange termijn is het onduidelijk welk niveau van interconnectiviteit België moet nastreven. Ten eerste moet erop gewezen worden dat een stijgende interconnectiegraad geen garantie is voor leveringszekerheid in België op momenten dat zich mogelijke tekorten in het elektriciteitsaanbod voordoen (bv. lange windstille periodes in de winter). Er kan immers niet gegarandeerd worden dat de benodigde energie op dat moment beschikbaar is in het buitenland, noch dat de resulterende internationale energiestromen (meer en meer gekenmerkt door sterke noord-zuid fluxen op momenten van de winterpiek) geen congesties veroorzaken in het net. Dit maakt de (inherent politieke) keuze van de graad van afhankelijkheid van de buurlanden die men nastreeft extra belangrijk. Ten tweede wordt interconnectiecapaciteit zoals boven vermeld in eerste instantie aangelegd om prijzen te nivelleren op EU niveau, dit kan dus betekenen dat interconnectiecapaciteit met het buitenland aanleiding geeft tot stijgende prijzen (als de prijzen in dat land duurder zijn). En ten derde zijn er nog belangrijke onzekerheden m.b.t. de haalbaarheid van het verder uitbouwen van de interconnectiecapaciteit. Dergelijke grote infrastructuurwerken geven doorgaans aanleiding tot lokaal verzet. Bovendien is het nog onduidelijk hoe de kosten voor de aanleg van nieuwe hoogspanningslijnen verdeeld moeten worden in het geval dat buurlanden vooral gebruik willen maken van het Belgische transmissienet als doorvoerkanal voor elektriciteit.

[BARRIÈRE – MARKTVORMING (KT/MT)]

“GEBRUIKSVRIENDELIJKHEID VAN OPLOSSINGEN VOOR FLEXIBEL GEBRUIK DOOR CON/PROSUMENTEN” (44)

“NOOD AAN HELDERHEID OVER VERDELING VAN KOSTEN/BATEN OVER ALLE GEBRUIKERS (PRIVÉ, KMO, INDUSTRIE ...)” (45)

Een van de cruciale vragen is of de doorsnee residentiële consument zal kunnen deelnemen en zijn vraag zal verschuiven in de tijd. Het Lineair-project onderzocht de mogelijkheden van zulke mechanismen. Een van de barrières was de kost van communicatie binnenhuis. Hoewel de kost van vele componenten sterk gedaald is in de voorbije jaren, is elk huis in België anders opgebouwd (bv. driefasig/éénfasig, locatie van de meters en elektriciteitskast, betonnen muren, mensen die slimme stekkers uittrekken ...), waardoor de installatie niet altijd evident zijn en het potentieel voor kostenreductie technisch beperkt is.

[BARRIÈRE – MARKTVORMING (KT/MT)]

“MOGELIJKE KOST-BARRIÈRE VOOR SOCIAAL MINDER BEDEELDEN OM AAN VRAAGSTURING VAN ENERGIE DEEL TE NEMEN” (46)

De mogelijkheden tot deelname aan de flexibiliteitsmarkt zijn voor kwetsbare consumenten wellicht eerder beperkt, aangezien het weinig waarschijnlijk is dat ze over de nodige technologie (warmtepompen, slimme apparaten, elektrische voertuigen, enz.) beschikken die deelname aan de flexibiliteitsmarkt interessant maakt. Mogelijk laat de installatie van digitale meters bij kwetsbare consumenten wel toe dat energieleveranciers op een proactieve en snelle manier nieuwe diensten kunnen leveren die in het bijzonder



interessant zijn voor deze groepen. Voorbeelden zijn bijvoorbeeld displays met geluid voor slechtzienden, visuele displays met tekeningen in plaats van getallen, automatische waarschuwingen bij overschrijden van een bepaalde hoeveelheid energie, nieuwe tariefstructuren ...<sup>201</sup>.

#### 4.4.3.5 Power-to-gas

[HEFBOOM – KENNISONTWIKKELING/KENNISUITWISSELING (KT)]

“WATERSTOFCLUSTER IN VLAANDEREN” (47)

In Vlaanderen is al een sterke waterstofindustrie aanwezig met internationale spelers die ook een significante productie hebben in Vlaanderen. Een cluster (‘Waterstofnet’) is gevormd met een 20-tal bedrijven die zich situeren over de gehele waardeketen heen, van productie van hernieuwbare energie (wind, zon) over waterstoftechnologie (elektrolyse en compressie) tot eindgebruikers van waterstof (transportsector, chemie). Deze ‘power-to-gas’ cluster is geselecteerd voor financiële ondersteuning door het Agentschap Innoveren en Ondernemen, en heeft al een eerste power-to-gas roadmap uitgewerkt voor Vlaanderen<sup>202</sup>. Momenteel werkt Waterstofnet aan een update van de roadmap. Bedoeling is om de in de roadmap voorgestelde demonstratieprojecten verder uit te werken, de haalbaarheid ervan te toetsen en de meest beloftevolle projecten effectief te gaan realiseren.

[BARRIÈRE/HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“LAGE GASPRIJS REMT DE ONTWIKKELING VAN AANGEPASTE OMZETTINGSTECHNOLOGIE” (48)

Vermits elektriciteit (mede door de regelgeving) nog altijd een stuk duurder is dan gas, zijn elektrolyse demonstratieprojecten nog steeds sterk afhankelijk van subsidies (= barrière). Wanneer er een shift zou zijn naar meer taks op gas en minder op elektriciteit, zou de business case voor power-to-gas een stuk interessanter worden (=hefboom).

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“BIJMENGEN H<sub>2</sub> IN GASNETTEN EN IN WARMTENETTEN OM WARMTEVRAAG MET ELEKTRICITEIT TE BALANCEREN” (49)

“KORTETERMIJN OPSLAG (SEC, MIN, UREN) NIET EFFECTIEF VOOR P2X, ALLEEN LANGE TERMIJN” (50)

Als opslagmedium kan waterstof complementair zijn aan batterijen; door waterstof in het gasnet te injecteren kan het immers als seizoensopslag gebruikt worden. Om deze toepassing te faciliteren moet het gasnet wel aangepast worden voor bijmenging met waterstof<sup>203</sup>. Naar verwachting van sommige deelnemers aan de workshop moet het uitfaseren van het gasnetwerk in Vlaanderen op een termijn van 100 jaar bekeken worden, eerder dan 2050 als horizon te hanteren. Dit zou betekenen dat er nog gedurende een lange overgangperiode een rol is weggelegd voor groen gas in het Vlaamse energiesysteem.

---

<sup>201</sup> Voor meer info, zie

<http://www.sustainabilityfirst.org.uk/images/publications/other/The%20Consumer%20Implications%20of%20Smart%20Meters%20-%20Report%20for%20NCC%20by%20Sustainability%20First.pdf>

<sup>202</sup> <https://www.waterstofnet.eu/nl/nieuws/power-to-gas-roadmap-voor-vlaanderen-eindrapport-gepubliceerd>, geraadpleegd op 13/3/2018.

<sup>203</sup> Zie bv. dit demonstratieproject in de UK: <https://www.edie.net/library/In-Practice--The-UKs-Northern-hydrogen-heating-grid-trial/6810>, geraadpleegd op 13/3/2018.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“STIMULANS VOOR GROENE WATERSTOF” (51)

Het waterstof geproduceerd door elektrolyse kan niet alleen gebruikt worden voor energieopslag maar ook als grondstof voor bijvoorbeeld olieraffinaderijen of voor het opwerken van biogas tot aardgaskwaliteit. Een stimulans voor groen geproduceerde waterstof (bv. naar analogie van het systeem van groene stroomcertificaten) kan een hefboom zijn voor de uitrol van elektrolyse.

[HEFBOOM – MARKTVORMING (MT)]

“GEBRUIK H<sub>2</sub> IN GASCENTRALES OF WKK” (52)

Aan nieuwe gascentrales – bv. diegene die gebouwd zullen worden ter vervanging van de nucleaire productiecapaciteit – kan de technische eis worden opgelegd dat ze ook kunnen werken op basis van een gasmengsel dat voor een belangrijk deel uit (groene) waterstof bestaat.

[BARRIÈRE – MARKTVORMING (LT)]

“BEPERKTE TOEPASSING POWER-TO-METHANE” (53)

Power-to-gas (methaan) zal enkel toegepast worden als er een overschot is aan waterstofproductie. Naar verwachting van de deelnemers aan de workshop zal dergelijk overschot zich voor 2050 niet voordoen, en zijn de kansen voor power-to-gas (methaan) binnen de horizon van deze denkoefening dus eerder beperkt.



## 5 BESLUIT

Vertrekkend van een 'long list' van mogelijke oplossingen voor de verduurzaming van het Vlaamse energiesysteem (cf. hoofdstuk 2) werden, ondersteund door de input van stakeholders die geconsulteerd werden tijdens een expertworkshop, keuzes gemaakt m.b.t. haalbare en wenselijke oplossingen (van het standpunt van toepassingspotentieel en milieu-impact) (cf. hoofdstuk 3). Voor deze wenselijke oplossingen werden de barrières en hefbomen in kaart gebracht die tot een versnelde toepassing kunnen leiden, opnieuw ondersteund door een consultatie van domeinexperten tijdens drie workshops (cf. hoofdstuk 4).

Voor wat het deeldomein '**verduurzaming van de voorziening van lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving**' betreft bleek duidelijk dat de meeste voorgestelde barrières en hefbomen betrekking hebben op de korte termijn (tot 2020). Er is dus sprake van een grote urgentie.

Energiebesparing vormt de hoeksteen van het transitietraject 'verduurzaming van de voorziening van LT warmte en koude in de gebouwde omgeving'. De geconsulteerde experts verwezen vooral naar het in voege zijnde Renovatiepact en de acties die in het kader van dit pact ondernomen worden. Er werd vooral gewezen op de enorme uitdaging om de renovatiesnelheid van het bestaande gebouwenpark aan te pakken, die de laatste jaren tussen de 0,5% tot 1% schommelt. Om die transitie-uitdaging aan te gaan moet deze snelheid volgens de deelnemers aan de workshop minstens verdubbeld worden. Verschillende ideeën voor een betere 'ontzorging' van huiseigenaars werden geopperd, bv. het aanwenden van de 'woningpas' – een concept dat momenteel in het kader van het Renovatiepact wordt uitgewerkt – om voor elke woning een passend energetisch renovatietraject (rekening houdend met de geldende beleidsvisies op verschillende niveaus – zie boven) uit te zetten. Bij verkoop van de woning kan aan de nieuwe eigenaars de verplichting opgelegd worden om bepaalde stappen van dit renovatietraject binnen een gepaste termijn (bv. 5 jaar) uit te voeren. Het concept 'ontzorging' zou verder ook nog de acties van een 'derde partij' kunnen omvatten, die in opdracht van de huiseigenaar het hele renovatietraject coördineert en implementeert. Een meer radicaal idee zou zijn om het kadastraal inkomen aan te passen aan de energieprestatie van de woning, ook rekening houdend met de locatie van de woning. Een betere energieprestatie zou dan beloofd kunnen worden door een lager kadastraal inkomen. Dit zou een sterke incentive kunnen creëren voor huishoudens om te investeren in energiebesparing.

De nog overblijvende lagetemperatuur-warmtevraag moet vervolgens ingevuld worden door duurzame warmtebronnen. In principe zijn er drie mogelijkheden: warmtenetten (gevoed door restwarmte of duurzame bronnen zoals biomassa of geothermie), de 'all-electric' oplossing (warmtepompen) of individuele verwarming op basis van biomassa of groen gas. De uitrol van warmtenetten op grote schaal stoot aan tegen diverse barrières voor de verschillende betrokken partijen, gaande van de bewoners (particuliere afnemers) tot de warmteproducenten en financiers. Dit verklaart waarom de geconsulteerde experts veel potentieel zien in de rol van een 'warmtemakelaar'. Deze warmtemakelaar zou actief op zoek gaan naar mogelijke warmtebronnen die op een warmtenet kunnen aangesloten worden (bv. restwarmte uit de industrie), en probeert die bronnen te koppelen aan mogelijke afnemers, en op deze basis alle betrokken partijen rond de tafel te brengen om te zoeken naar voor iedereen aanvaardbare oplossingen. De 'all-electric' oplossing is vooral van toepassing op nieuwbouwwoningen of bestaande woningen die grondig energetisch gerenoveerd werden, en waar de aanleg van een warmtenet niet haalbaar blijkt. Voor gebouwen die niet op een warmtenet kunnen aangesloten worden, en waar geen mogelijkheid is om tot een 'all-electric' oplossing over te gaan, moet tenslotte gedacht worden aan oplossingen zoals warmte-

voorziening op basis van groen gas of duurzame biomassa. Ook hier dringen beleidsmaatregelen gebaseerd op een duidelijke visie zich op, bv. met betrekking tot het aanpassen van het gasnetwerk (op die plaatsen waar dat noodzakelijk is) voor het gebruik van groen gas, of het uitfaseren van onduurzame vormen van verwarming op basis van biomassa (bv. verouderde houtverbrandingstoestellen).

Voor de overheden (op alle beleidsniveaus) ziet men een belangrijke rol weggelegd om de juiste markt-omgeving te creëren en ondernemerschap aan te zwengelen om de nodige technologische oplossingen tijdig toepassing te doen vinden. Vooral het belang van het initiëren van de benodigde aanpassingen in de institutionele omgeving, en dit vooral op het gebied van visievorming, afstemming tussen verschillende beleidsniveaus en het ter beschikking krijgen van de nodige data, werd onderlijnd. De lange investeringscycli bij energie-infrastructuur vragen immers om ingrijpende beleidsmaatregelen en -planning met het oog op 2030 en 2050. Een langetermijnvisie op verduurzaming van de LT warmte in de gebouwde omgeving (horizon 2030 en 2050) moet daarbij duidelijke keuzes vooropstellen, o.a. op het gebied van:

- Welke duurzame energienetwerken specifiek voor verschillende Vlaamse buurttypologieën wenselijk en haalbaar zijn.
- Op welke strategische warmtebronnen de focus wordt gelegd ten koste van andere warmtebronnen.
- Welk niveau van energierenovatie geambieerd wordt voor de bestaande bouw (zie ook het Renovatiepact).
- Op welke locaties en met welk programma er nog vastgoed mag ontwikkeld worden.

Dergelijke visie kan niet zomaar top-down opgelegd worden. In de transitie naar een duurzame LT warmte- en koude voorziening in de gebouwde omgeving is een belangrijke rol weggelegd voor lokale besturen. Lokale overheden zijn het best geplaatst om de lokale sociale, omgevings- en economische aspecten aan te voelen. Vanuit deze overweging lijkt het subsidiariteitsbeginsel dus te spelen in het voordeel van de lokale overheden, die bv. de verantwoordelijkheid voor het uitwerken van lokale warmtezoneringssystemen (op basis van een lokaal afwegingskader, afgestemd op de overkoepelende lange termijnvisie) kunnen toegewezen krijgen. Centrumsteden nemen best een voortrekkersrol op bij het uitwerken van deze lokale zoneringssystemen; kleinere gemeentes en steden hebben wellicht ondersteuning nodig omwille van beperkte administratieve capaciteit.

De beschikbaarheid en openbaarheid van data over warmteverbruik, investeringskosten voor nieuwe duurzame warmtebronnen en afschrijving van infrastructuur (bv. gasdistributienetten) werd door de geconsulteerde experts aanzien als een belangrijke barrière voor het ontwikkelen van een beleidsvisie op de lange termijn. Zo werd bv. aangehaald dat de beschikbare EPC gegevens voor bestaande gebouwen een ontoereikend beeld geven over het werkelijke energiegebruik in deze gebouwen. Een goed beleid kan pas tot stand komen op basis van het ter beschikking stellen en op elkaar afstemmen van data die nu door verschillende actoren beheerd worden, o.a. de distributienetbeheerders (die over veel data i.v.m. warmtevraag beschikken) en kennisinstellingen (o.a. VITO die de Energiebalans Vlaanderen opmaakt).

Naast visievorming speelt ook de prijszetting van energiedragers een belangrijke overkoepelende rol als aanjager van de 'systeembouwmotor'. Het economisch aantrekkelijker maken van groene warmte door het gebruik van fossiele brandstoffen duurder te maken werd gezien als een onontbeerlijke stap om een groter marktaandeel voor groene warmte te creëren. In dit opzicht wordt veel verwacht van het voorstel tot het invoeren van een CO<sub>2</sub>-heffing voor de niet-ETS sectoren dat momenteel op federaal niveau besproken wordt (binnen het meer algemene kader van een duurzame taxshift). Er moet daarbij ook voldoende



aandacht zijn voor de impact van deze taxshift op huishoudens of bedrijven die omwille van technische of financiële redenen moeilijk de overstap naar een groen alternatief kunnen maken (bv. bedrijven met een hoge warmtevraag die momenteel nog niet door warmtepompen kan worden ingevuld, of gezinnen in energiearmoede).

Voor wat betreft de **verduurzaming van het energieaanbod** is de consensus omtrent het toepassings-potentieel en gewenste duurzaamheidsimpact van hernieuwbare energie in Vlaanderen groot. Op Europees niveau (akkoord van Parijs) is overeengekomen om tegen 2050 de BKG emissies met 80 tot 95% te verminderen in vergelijking met 1990. Het EU stappenplan naar een koolstofarme economie voorziet dat alle lidstaten van de Europese Unie een solidaire bijdrage leveren voor het bereiken van deze doelstelling. Het EU stappenplan stelt verder dat een quasi volledig CO<sub>2</sub>-vrije elektriciteitsvoorziening in 2050 een noodzaak is in het kader van de Europese klimaatdoelstellingen op de lange termijn. Afhankelijk van het scenario moeten hernieuwbare energiebronnen 64% tot 97% van de elektriciteit in 2050 leveren. Hierbij is het echter belangrijk op te merken dat het laagste percentage (64%) uitgaat van een belangrijke bijdrage van kernenergie en koolstofafvang en -opslag aan de EU elektriciteitsproductie. Omwille van de bestaande wet op de kernuitstap, de bevestiging ervan in het regeerakkoord en in het Energiepact wordt kernenergie niet als een wenselijke oplossing gezien voor het energiesysteem in Vlaanderen in 2050. CCS in de elektriciteitsproductie werd eveneens algemeen niet gezien als een wenselijke oplossing, omwille van de technische en financiële moeilijkheden met demonstratieprojecten en de onzekerheid m.b.t. opslag-mogelijkheden in het buitenland. Vermits we ervan uitgaan dat deze technologieën geen rol zullen spelen in het Vlaamse energiesysteem in 2050 zullen de te realiseren percentages hernieuwbare energie in Vlaanderen in het hogere bereik moeten liggen (>80% bij benadering). Het Federaal Planbureau houdt rekening met een elektriciteitsvraag van 125 tot 145 TWh in 2050 in België (een stijging van 40% tot 60% in vergelijking met 90 TWh in 2010). Omgerekend naar Vlaanderen (met een elektriciteitsverbruik van 55 TWh in 2010) zou dit een stijging van de elektriciteitsvraag tot 77 à 88 TWh in 2050 betekenen. Rekening houdend met de Europese scenario's (en in de veronderstelling dat in Vlaanderen 80% tot 97% van de elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen zou gebeuren, en geen structurele netto-importeur van elektriciteit is) zou 62 tot max. 85 TWh hernieuwbare elektriciteit geproduceerd moeten worden in 2050.

Deze vooropgestelde visie voor 2050 werd algemeen aanvaard als een haalbare maar niettemin ambitieuze doelstelling. De ondersteuning van hernieuwbare energieproductie werd als een redelijk matuur beleids-domein gezien waar het nodige beleidsinstrumentarium vooral gedurende het afgelopen decennium al vorm heeft gekregen. Een blijvende inzet en aanscherping van dit beleidsinstrumentarium is nodig om de juiste marktomgeving te creëren en ondernemerschap aan te zwengelen om de nodige technologische oplossingen tijdig toepassing te doen vinden. Tevens overheerst de opvatting dat de meeste technologieën al beschikbaar zijn en er weinig radicale nieuwe doorbraken te verwachten zijn; het is dus vooral zaak om een grote markt te creëren voor de bestaande hernieuwbare oplossingen.

Een bindende doelstelling opgelegd op EU niveau (nu voor 2030, maar aan te houden tot 2050) wordt door de deelnemers gezien als een sterke legitimering en stimulans voor het te voeren Vlaamse beleid. Op de middellange termijn speelt het beleid m.b.t. de kernuitstap volgens de geconsulteerde experts een sleutelrol: een keuze voor een kernuitstap in de periode 2022-2025 zendt een duidelijk signaal naar de markt omtrent de noodzaak aan duurzame alternatieven; een uitstel van de kernuitstap creëert onzekerheid en vertraging.







van rationele afvalverwerking), waarbij rekening gehouden moet worden met het cascaderingsprincipe: in eerste instantie een zo hoogwaardig mogelijk verbruik door eerst het materiaal te hergebruiken alvorens het in te zetten als energiebron. Wat de energetische toepassingen van biomassa betreft werd verder nog vermeld dat het potentieel momenteel nog onderbenut blijft omwille van de relatief lage prijzen van fossiele alternatieven. Tevens waren de deelnemers aan de workshop de mening toegedaan dat de energetische toepassing van biomassa momenteel met een imagoprobleem te kampen heeft (waarbij alle toepassingen op een hoop worden gegooid), terwijl de reële milieu-impact van de verbranding van biomassa sterk afhangt van het type biomassa en de gebruikte technologie.

De verduurzaming van het industriële energiegebruik in Vlaanderen is omringd door grote onzekerheden. Enerzijds speelt de onzekerheid rond de ontwikkeling van de industrie in Vlaanderen. Volgens sommigen zal onze economie evolueren naar een niche-economie, die zich toelegt op hoogwaardige, marktgerichte productie. In die visie verschuift het meest energie-intensieve deel van de huidige industriële productie wellicht naar andere regio's in de wereld. In dat scenario zou de energievraag van de industrie in Vlaanderen kwalitatief en kwantitatief grondig veranderen. Anderen zijn dan weer van oordeel dat de tegenstelling tussen niche-economie en basiseconomie een valse tegenstelling is. Het vertrek van de basisindustrie zou daarbij ook de productie van hoogwaardige goederen, die ermee verbonden is, onder druk zetten en het geheel van de economie in een neerwaartse spiraal brengen. Omgekeerd verankert de productie van hoogwaardige producten ook de basisindustrie in onze regio. Tevens wijzen vertegenwoordigers van de energie-intensieve industrie erop dat een verplaatsing van de industriële productie naar andere regio's geen oplossing vormt voor het mondiale klimaatprobleem – integendeel zelfs, vermits de productie in die regio's vaak minder energie-efficiënt is. In algemene zin moet ook opgemerkt worden dat Vlaanderen beschikt over industriële activiteiten die een belangrijke rol kunnen spelen in de transitie naar een koolstofarme economie (bv. productie van isolatiematerialen en lichtgewicht materialen in de chemische sector, recyclage van (auto)batterijen in de non-ferro industrie, enz.). Innovatie biedt deze bedrijven ook concurrentievoordelen, schept werkgelegenheid en vergroot het exportpotentieel. Er is dus zeker potentieel om de verduurzaming van het energiesysteem als een kans aan te grijpen voor de verdere uitbouw en/of heroriëntatie van deze industriële activiteiten.

Ook voor wat betreft de verduurzaming van de Vlaamse industriële energievraag in 2050 zijn er nog grote onzekerheden en onduidelijkheden. Belangrijke Europese sectorfederaties (zoals CEFIC voor de chemie, EUROFER voor de staalindustrie, CEPI voor de papierindustrie, enz.) hebben al roadmaps opgemaakt waarin ze de opties oplistten om in 2050 bij te dragen aan een koolstofarme economie. Maar tegelijkertijd legt de industrie in Vlaanderen hier minder concrete plannen voor een koolstofarme sector voor in vergelijking met andere sectoren. Een concrete richtinggevende visie op een duurzame (koolstofarme) industrie in Vlaanderen is er nog niet. Deels komt dat doordat de benodigde technologie vaak nog niet beschikbaar of momenteel te duur is. Bovendien is de Vlaamse industriële activiteit in internationaal perspectief relatief energie-intensief en grotendeels op fossiele energie gebaseerd. Daarom zal de benodigde energietransitie naar een koolstofarme energievoorziening juist in Vlaanderen leiden tot relatief grote veranderingen.

Het deeldomein **'afstemming van de energievraag op het -aanbod'** wordt gezien als een domein dat volop in ontwikkeling is. De huidige penetratiegraad van variabele hernieuwbare energiebronnen zoals zonne- en windenergie is nog niet van die aard dat een grootschalige toepassing van oplossingen m.b.t. afstemming van energievraag op -aanbod zich al opdringt. Dergelijke grootschalige toepassing wordt eerder in de periode 2030-2050 verwacht. De meeste technologische oplossingen zijn al gekend en kunnen op commerciële schaal toegepast worden (eerste nichemarkten bestaan al), maar om het hele deeldomein in een versnellingsfase te brengen moet de 'ondernemersmotor' verder aangezwengeld worden. Omdat het



domein volop in ontwikkeling is en dus met vele onzekerheden wordt geconfronteerd, is het onmogelijk om op voorhand te voorspellen welke ondernemersactiviteiten zich precies zullen of zouden moeten ontwikkelen.

In algemene zin werd door de geconsulteerde experts opgemerkt dat voor elke mogelijk toepassing geldt dat ze zich maar zal ontwikkelen als er voor ondernemers een positieve business case kan aan gekoppeld worden. Dit is voor het merendeel van de mogelijke innovaties nu nog niet het geval (= algemene barrière, die we dus niet telkens apart vermelden voor alle mogelijke innovaties). Tevens werd in algemene zin opgemerkt dat de ontwikkeling van de markt voor afstemmingsoplossingen ook samenhangt met ontwikkelingen op de energiemarkt (= algemene hefboom). Bijvoorbeeld: een stijgende koolstofprijs op de Europese ETS-markt kan de integratie van hernieuwbare energieopwekking (en afstemming van de productieprocessen op het aanbod) op bedrijfsniveau aantrekkelijk maken. Tenslotte is het voor de overheid ook belangrijk om een duidelijk beeld te krijgen van de maatschappelijke meerwaarde van verschillende innovaties (welke maatschappelijke baat leveren ze tegen welke kostprijs) om op basis van deze inschatting eventueel via gerichte initiatieven ondernemerschap te stimuleren. Subsidies voor opslagtechnologieën zijn uiteraard een algemene hefboom om de marktopname van deze technologieën te bevorderen. Echter is het uiterst belangrijk wanneer beslist wordt om over te gaan op steunmechanismen voor opslag dat er zorgvuldig onderzocht wordt wat de maatschappelijke 'return on investment' is, wie de opslagcapaciteit controleert en hoe de interactie met het net verloopt.

Als algemene hefbomen voor het ontwikkelen van afstemmingsoplossingen werden de uitrol van de digitale meter en het EU 'clean energy package' aangehaald. Vanaf begin 2019 wordt gestart met de verplichte uitrol van digitale elektriciteits- en gasmeters bij nieuwbouw, verplichte metervervanging en ingrijpende renovatie, nieuwe en bestaande decentrale productie, budgetmeters en op vraag. Een volledige vervanging van bestaande meters is aan de orde zodra de digitale meter een bepaalde kritische penetratiegraad heeft bereikt; naar verwachting zouden alle Vlaamse gezinnen tegen 2035 over een digitale meter beschikken.

Wat het lokaal afstemmen van de elektriciteits- en/of warmtevraag op het elektriciteitsaanbod betreft zien de geconsulteerde experts op de korte termijn vooral mogelijkheden voor de slimme controle van energiesystemen op het niveau van individuele huishoudens of KMOs. Deze vergen een eerder beperkte investering, waardoor deze toepassingen veel dichter bij de markt staan. Voor zonnepanelen kunnen bijvoorbeeld passieve systemen uitgewerkt worden (bv. het onder dimensioneren van de inverter) die een vlottere integratie in het net kunnen bewerkstelligen. Anders dan bij batterijopslag, waar technoeconomische beperkingen nog steeds een massale uitrol verhinderen, is een toename van slimme controle vaak een kwestie van regulering. Bij een voldoende groot aandeel elektrische voertuigen (naar verwachting op de middellange termijn, 2025-2030) biedt de 'vehicle2grid' technologie een interessante opportuniteit om de autobatterijen ook in te schakelen bij het afstemmen van de energievraag op het -aanbod. Een nadeel van de 'vehicle2grid' toepassing is nu evenwel nog dat door het frequent afwisselen van op- en ontladcycli de levensduur van de batterij in negatieve zin beïnvloed wordt. De geconsulteerde experts achtten het echter zeer waarschijnlijk dat hier in de toekomst wel een oplossing voor zou gevonden worden. Voor appartementsgebouwen, wijken of stadsdelen zagen de geconsulteerde experts de toepassing van microgrids als een interessante piste. De energievraag van de bewoners van het appartementsgebouw zou dan zoveel mogelijk afgestemd worden op decentrale productie binnen het gebouw zelf



(bv. PV panelen op het dak, een WKK of warmtepomp met warmtebuffer in de kelder), zodat de aansluiting met het distributienet zo weinig mogelijk belast wordt. Om dit mogelijk te maken moet evenwel het salderen van de PV-productie mogelijk gemaakt worden<sup>205</sup>.

Op het gebied van een verdere uitbreiding van actieve vraagsturing op systeemniveau (i.e. het verschuiven van de energievraag in de tijd naargelang de kost van de elektriciteit op de markt) zien de geconsulteerde experts een uitbreiding van deze vraagsturing in het energiesysteem tot het residentiële niveau, waar aggregatoren als nieuwe marktpartijen naar verwachting commerciële activiteiten zullen ontplooiën. Tevens zouden energieleveranciers naar verwachting in de nabije toekomst dynamische (tijdsvariabele) tarieven in hun marktaanbod opnemen. Eén van de cruciale vragen is echter of de doorsnee residentiële consument zal kunnen/willen deelnemen aan die ontluikende flexibiliteitsmarkt en zijn vraag zal verschuiven in de tijd. Uit proefprojecten blijkt dat de installatie van de nodige slimme aansturing van apparaten niet altijd evident is en het potentieel voor kostenreductie op de factuur beperkt. Op langere termijn zal het naar verwachting interessanter worden voor residentiële klanten om ook deel te nemen aan de flexibiliteitsmarkt, als de elektrificatie van de warmtevoorziening (op basis van warmtepompen) en het transport (elektrisch aangedreven voertuigen) een ruimere toepassing kennen. In de toekomst is het volgens de geconsulteerde experts niet ondenkbaar dat bestaande of nieuwe spelers in de energiemarkt businessmodellen zullen ontwikkelen die gebaseerd zijn op het concept van de totale ontzorging van energiediensten voor huishoudens, KMOs of appartementsgebouwen. Zo'n 'ontzorgingsmodel' is erop gebaseerd dat aan de klant bepaalde energiediensten gegarandeerd worden (bv. voldoende warmte-comfort, voldoende elektriciteit voor gespecificeerde gebruiken, enz.) die geleverd worden door op basis van een optimale combinatie van vraagsturing, energieopslag en decentrale energieopwekking die de 'ontzorger' ter plekke voorziet. De klant betaalt een maandelijks bedrag voor de energiediensten en hoeft dus zelf niet meer te investeren in de nodige infrastructuur.

Op de lange termijn, wanneer naar verwachting hernieuwbare energiebronnen een aanzienlijk percentage van de energievoorziening voor hun rekening zullen nemen, zullen 'power-to-hydrogen' toepassingen aan belang winnen. Als opslagmedium kan waterstof complementair zijn aan batterijen; door waterstof in het gasnet te injecteren kan het immers als seizoensopslag gebruikt worden. Om deze toepassing te faciliteren moet het gasnet wel aangepast worden voor bijmenging met waterstof. Naar verwachting van sommige geconsulteerde experts moet het uitfaseren van het gasnetwerk in Vlaanderen op een termijn van 100 jaar bekeken worden, eerder dan 2050 als horizon te hanteren. Dit zou betekenen dat er nog gedurende een lange overgangperiode een rol is weggelegd voor groen gas in het Vlaamse energiesysteem. Het waterstof geproduceerd door elektrolyse kan niet alleen gebruikt worden voor energieopslag maar ook als grondstof voor bijvoorbeeld olieraffinaderijen of voor het opwerken van biogas tot aardgaskwaliteit. Een stimulans voor groen geproduceerde waterstof (bv. naar analogie van het systeem van groene stroom-certificaten) kan een hefboom zijn voor de uitrol van elektrolyse. 'Power-to-methane' zal enkel toegepast worden als er een overschot is aan waterstofproductie. Naar verwachting van de geconsulteerde experts zal dergelijk overschot zich voor 2050 niet voordoen, en zijn de kansen voor 'power-to-methane' binnen de horizon van deze denkoefening dus eerder beperkt.

---

<sup>205</sup> Salderen van de PV-productie betekent dat de totale opbrengst van de PV-installatie (uitgedrukt in kWh) van de collectieve woonvoorziening in mindering gebracht wordt van het elektriciteitsverbruik van de bewoners van de woonvoorziening a rato van hun aandeel in de investering in de installatie.

## Algemene conclusie

Op basis van de inschattingen m.b.t. tot de duurzaamheid en haalbaarheid van mogelijke oplossingen voor het Vlaamse energiesysteem dringen volgende transitiepaden zich op als het meest wenselijk voor de verschillende deeldomeinen:

- Energiebesparing vormt de hoeksteen van het transitietraject **verduurzaming van de voorziening van lage temperatuurwarmte en koude in de gebouwde omgeving**. De geconsulteerde experts wezen vooral op de enorme uitdaging om de renovatiesnelheid van het bestaande gebouwenpark aan te pakken, die de laatste jaren tussen de 0,5% tot 1% schommelt. Om die transitie-uitdaging aan te gaan moet deze snelheid volgens de geconsulteerde experts minstens verdubbeld worden. De nog overblijvende lage temperatuur warmtevraag moet vervolgens ingevuld worden door duurzame warmtebronnen. In principe zijn er drie mogelijkheden: warmtenetten (gevoed door restwarmte of duurzame bronnen zoals biomassa of geothermie), de ‘all-electric’ oplossing (warmtepompen) of individuele verwarming op basis van biomassa of groen gas. Visievorming en strategische beleidsvoering (met een belangrijke rol voor het lokale niveau) moet een antwoord geven op de vraag welke duurzame energienetwerken specifiek voor verschillende Vlaamse buurttypologieën wenselijk en haalbaar zijn.
- Voor wat betreft de **verduurzaming van het energieaanbod** is de consensus omtrent het toepassingspotentieel en gewenste duurzaamheidsimpact van hernieuwbare energie in Vlaanderen groot. Omwille van de bestaande wet op de kernuitstap, de bevestiging ervan in het regeerakkoord en in het Energiepact wordt kernenergie niet als een wenselijke oplossing gezien voor het energiesysteem in Vlaanderen in 2050. CCS in de elektriciteitsproductie werd eveneens algemeen niet gezien als een wenselijke oplossing, omwille van de technische en financiële moeilijkheden met demonstratieprojecten en de onzekerheid m.b.t. opslagmogelijkheden in het buitenland. Rekening houdend met de Europese scenario’s (en in de veronderstelling dat in Vlaanderen 80% tot 97% van de elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen zou gebeuren, en geen structurele netto-importeur van elektriciteit is) zou 62 tot max. 85 TWh hernieuwbare elektriciteit geproduceerd moeten worden in 2050. Deze vooropgestelde visie voor 2050 werd algemeen aanvaard als een haalbare maar niettemin ambitieuze doelstelling. De ondersteuning van hernieuwbare energieproductie werd als een redelijk matuur beleidsdomein gezien waar het nodige beleidsinstrumentarium vooral gedurende het afgelopen decennium al vorm heeft gekregen. Tevens overheerst de opvatting dat de meeste technologieën al beschikbaar zijn en er weinig radicale nieuwe doorbraken te verwachten zijn; het is dus vooral zaak om een grote markt te creëren voor de bestaande hernieuwbare oplossingen.
- Voor wat de **verduurzaming van de Vlaamse industriële energievraag** in 2050 betreft zijn er nog grote onzekerheden en onduidelijkheden, zowel m.b.t. de aard en omvang van de industriële activiteiten, als de invulling van de overblijvende energievraag. Belangrijke Europese sectorfederaties hebben al roadmaps opgemaakt waarin ze de opties oplistten om in 2050 bij te dragen aan een koolstofarme economie. Maar tegelijkertijd legt de industrie in Vlaanderen hier minder concrete plannen voor een koolstofarme sector voor in vergelijking met andere sectoren. Een concrete richtinggevende visie op een duurzame (koolstofarme) industrie in Vlaanderen is er nog niet.
- Voor wat de **afstemming van de energievraag op het aanbod** betreft werd door de geconsulteerde experts vooral opgemerkt dat de mogelijke oplossing opgevat moeten worden als ‘enablers’ van een duurzaam energiesysteem, omdat ze op zichzelf geen positieve milieu-impact veroorzaken maar indirect, door de integratie van hernieuwbare energie te bevorderen. Batterijen werden aanzien als een goede ‘enabler’, terwijl de milieu-impact bij productie en grondstofontginning een belangrijk



aandachtspunt blijft. ‘Curtailment’ of slimme controle van decentrale productie is een mogelijkheid om meer decentrale productie haalbaar te maken, zonder de zware investeringslast die gepaard gaat met de uitbreidingen van netten. Op de lange termijn, wanneer naar verwachting hernieuwbare energiebronnen een aanzienlijk percentage van de energievoorziening voor hun rekening zullen nemen, zouden ‘power-to-gas’ toepassingen aan belang kunnen winnen. De meeste technologische oplossingen zijn volgens de geconsulteerde experts al gekend en kunnen op commerciële schaal toegepast worden (eerste nichemarkten bestaan al), maar om het hele deeldomein in een versnellingsfase te brengen moet de ‘ondernemersmotor’ verder aangezwengeld worden. Omdat het domein volop in ontwikkeling is en dus met vele onzekerheden wordt geconfronteerd, is het onmogelijk om op voorhand te voorspellen welke ondernemersactiviteiten zich precies zullen of zouden moeten ontwikkelen.



## 6 REFERENTIES

Albrecht J. (2018). Energypact Scenarios: Adequacy and System Costs.

ARGUS (2014). Energie voor morgen. Krijtlijnen voor een duurzaam energiesysteem, LannooCampus, Leuven.

Balta-Ozkan N., Watson T., Connor P., Axon C., Whitmarsh L., Davidson R., Spence A., Baker P., Xenias D., Cipcigan L. and Taylor G. (2014). Scenarios for the Development of Smart Grids in the UK - Synthesis Report, London: UKERC.

Beerten J., Laes E., Meskens G., D’haeseleer W. (2009). Greenhouse gas emissions in the nuclear lifecycle: a balanced appraisal. Energy Policy 37:5056-68.

Belmans R., Vingerhoets P., Van Vaerenbergh I. (Red.) (2016). De eindgebruiker centraal in de energietransitie, Koninklijke Vlaamse Academie van Wetenschappen en Kunsten, Standpunten 44, [www.kvab.be/standpunten/de-eindgebruiker-centraal-de-energietransitie](http://www.kvab.be/standpunten/de-eindgebruiker-centraal-de-energietransitie)

Bernardes et.al. (2004). Journal of Power Sources 130, pp. 291-298.

Brouwers J., Devriendt S., Van Hooste H. (2017). H.1 Energiesysteem, in ‘Systeembalans 2017: Milieu-uitdagingen voor het energie-, mobiliteits- en voedingssysteem in Vlaanderen. Aalst, Milieurapport Vlaanderen, Vlaamse Milieumaatschappij. Beschikbaar op <https://www.milieurapport.be/publicaties/mira-systeembalans-2017-milieu-uitdagingen-voor-het-energie-mobiliteits-en-voedingssysteem-in-vlaanderen>

Centrale Commissie voor de Rijnvaart (2012). Mogelijkheden om het brandstofverbruik en de broeikasgasemissies in de binnenvaart te reduceren. Beschikbaar op: [https://www.ccr-zkr.org/files/documents/rapports/Thg\\_zus\\_nl.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/rapports/Thg_zus_nl.pdf)

Climact en Ecofys (2014). Verkenning middellange termijn (2030) en lange termijn (2050) energie-en broeikasgascenario's in Vlaanderen.

Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en Gas (2010). Studie over de mogelijke impact van de elektrische auto op het Belgische elektriciteitssysteem. Beschikbaar op: <http://www.creg.be/nl/publicaties/studie-over-de-mogelijke-impact-van-de-elektrische-auto-op-het-belgische>

Cornet M., Duerinck J., Laes E., Lodewijks P., Meynaerts E., Pestiaux J., Renders N., Vermeulen P. (2013). Scenarios for a Low Carbon Belgium by 2050. Final report. Beschikbaar op: [http://www.klimaat.be/2050/files/2513/8625/2687/Low\\_Carbon\\_Scenarios\\_for\\_BE\\_2050\\_-\\_Final\\_Report.pdf](http://www.klimaat.be/2050/files/2513/8625/2687/Low_Carbon_Scenarios_for_BE_2050_-_Final_Report.pdf)

Cyx W. (2017). Studieopdracht: naar een vergroening van de warmtevoorziening voor huishoudens in Vlaanderen. Beschikbaar op: [https://www.bondbeterleefmilieu.be/sites/default/files/files/studie-naar\\_een\\_vergroening\\_van\\_de\\_warmtevoorziening\\_voor\\_huishoudens\\_in\\_vlaanderen\\_def.pdf](https://www.bondbeterleefmilieu.be/sites/default/files/files/studie-naar_een_vergroening_van_de_warmtevoorziening_voor_huishoudens_in_vlaanderen_def.pdf)







Faruqi, A., Sergici, S., Sharif, A. (2009). The impact of information feedback on energy consumption – a survey of the experimental evidence. *Energy* 35: 1598-1608.

Frankl P., Nowak S., Gutschner M., Gnos S., Rinke T, Kerr T., Lee S., Elzinga D., Remme U., Mizuno E., Philibert C., Chandler H., Dobrothova Z. (2010). *Technology Roadmap, Solar photovoltaic energy*. Beschikbaar op: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/pv\\_roadmap.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/pv_roadmap.pdf)

Fthenakis V.M., Kim H.C. (2007). Greenhouse gas emissions from solar electric and nuclear power: a life cycle study. *Energy Policy* 35:2549-57.

GBPN (2017). *Defining positive energy buildings – a spectrum approach*. Beschikbaar op: <http://www.gbpn.org/positive-energy-buildings/defining-positive-energy-%E2%80%93-spectrum-approach>

Green Gas Initiative (2017). *Biomethane naturally green gas*. Beschikbaar op: [http://www.greengas-initiative.eu/media/ggi-biomethane\\_report\\_06.2017.pdf](http://www.greengas-initiative.eu/media/ggi-biomethane_report_06.2017.pdf)

Hekkert, M., Ossebaard M. (2010). *De Innovatiemotor, het versnellen van baanbrekende innovaties*. Van Gorcum, Assen.

Hoogervorst N. (2017). *Toekomstbeeld klimaatneutrale warmtenetten in Nederland*. Beschikbaar op: <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-toekomstbeeld-klimaatneutrale-warmtenetten-in-nederland-1926.pdf>

IEA (2016). *Energy Technology Perspectives 2016. Towards Sustainable Urban Energy Systems*. International Energy Agency (IEA).

IEA (2015). *Transition to sustainable buildings – Strategies and Opportunities to 2050*. Beschikbaar op: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building2013\\_free.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building2013_free.pdf)

Investment needs in trans-European energy infrastructure up to 2030 and beyond, Ecofys, VITO/EnergyVille, COWI, publicatie pending.

IRENA (2016). *Innovation outlook, Offshore wind*. Beschikbaar op: [https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_Innovation\\_Outlook\\_Offshore\\_Wind\\_2016.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Innovation_Outlook_Offshore_Wind_2016.pdf)

Jaarverslag 2016 Belgische Petroleum Federatie. Beschikbaar op: [http://www.petrolfed.be/sites/default/files/jaarverslagen/AR2016\\_nl.pdf](http://www.petrolfed.be/sites/default/files/jaarverslagen/AR2016_nl.pdf)

Jespers K., Aernouts K., Wetzels W. (2016). *Inventaris hernieuwbare energiebronnen 2005-2015*. Beschikbaar op: [https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/Inventaris\\_hernieuwbare\\_energiebronnen\\_Vlaanderen\\_2005-2015.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/pages/1125/2016/Inventaris_hernieuwbare_energiebronnen_Vlaanderen_2005-2015.pdf)

Jespers K., Dufait N., Al Koussa J., Dams Y., Neven T., Renders N., Vingerhoets P., Wetzels W. (2017). *Energiebalans Vlaanderen 1990-2016*. Beschikbaar op: <http://www.energiesparen.be/energiestatistieken>

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////







Wauters E., Dhondt A., Fremault B., Corens P., Aerts J., Vermeulen P. (2017). De rol van ruimtelijke ordening in de klimaat- en energietransitie: verkenning, uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Planbureau voor Omgeving. Beschikbaar op:

[https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/3331/2017/Eindrapport\\_Rol%20ruimtelijke%20ordening%20in%20energie%20en%20klimaattransitie.pdf](https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/3331/2017/Eindrapport_Rol%20ruimtelijke%20ordening%20in%20energie%20en%20klimaattransitie.pdf)

WENZ (2014). Masterplan voor de binnenvaart op de Vlaamse waterwegen - Horizon 2020.

<http://www.wenz.be/opencms/export/sites/default/publications/2014-0139-Scheepvaart-Wenz-masterplan-v6.pdf>

Wesselink B., Deng Y. (2009) Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC). Beschikbaar op: [https://www.ecofys.com/files/files/serpec\\_executive\\_summary.pdf](https://www.ecofys.com/files/files/serpec_executive_summary.pdf)

Wetzels W., Aernouts K., Jespers K. (2016). Inventaris warmte-krachtkoppeling Vlaanderen 1990-2015.

Beschikbaar op: [http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Inventaris%20warmte-krachtkoppeling%201990-2015\\_Eindrapport\\_29-09-2016.pdf](http://www.energiesparen.be/sites/default/files/atoms/files/Inventaris%20warmte-krachtkoppeling%201990-2015_Eindrapport_29-09-2016.pdf)

World Bank (2017). The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. World Bank.

WTCB (2017). Energetische renovatie: trends en innovaties.

<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact49&art=739>

WTCB (2017). Wordt industrialisatie de nieuwe renovatietechniek? Beschikbaar op:

<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact49&art=733>





- [www.belgianoffshoreplatform.be/nl/news/opiniepeiling-belgen-massaal-voor-meer-windenergie-op-zee-om-klimaatdoelstelling-te-halen-meta-name-generator-content-bolt-link](http://www.belgianoffshoreplatform.be/nl/news/opiniepeiling-belgen-massaal-voor-meer-windenergie-op-zee-om-klimaatdoelstelling-te-halen-meta-name-generator-content-bolt-link)
- <http://www.belgianoffshoreplatform.be/en/services/supply/>
- <https://www.entsoe.eu/about-entso-e/system-development/the-north-seas-countries-offshore-grid-initiative-nscogi/Pages/default.aspx>
- <https://euobserver.com/investigations/139257>
- <https://www.lne.be/co2-als-grondstof-afvang-en-gebruik-van-co2-ccu>
- <https://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/legislation/1332/2017/sb210617-1.pdf>
- <http://www.pbl.nl/infographic/ontwikkelingsfasen-voor-technologie%C3%ABn-voor-bio-energie>
- <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0030>
- [www.concawe.be](http://www.concawe.be)
- [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi\\_loi/change\\_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2017031015&table\\_name=wet](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&cn=2017031015&table_name=wet)
- [www.geopunt.be](http://www.geopunt.be)
- <http://www.terra-energy.be/nl/home>
- [www.certify.eu](http://www.certify.eu)
- [www.elia.be](http://www.elia.be)
- <http://www.klimaat.be/2050/nl-be/analyse-van-scenarios/sectoriele-analyses/>
- <https://www.ruimtevlaanderen.be/BRV>
- [https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/documenten/informatie-vlaanderen/producten/BVK/documenten/Meer\\_infoZonnekaart\\_2017.pdf](https://overheid.vlaanderen.be/sites/default/files/documenten/informatie-vlaanderen/producten/BVK/documenten/Meer_infoZonnekaart_2017.pdf)
- <https://www.ode.be/zonnestroom/waar-of-niet-waar>
- <http://www.milieurapport.be/?PageID=793&Culture=nlwww.lne.be/co2-als-grondstof-afvang-en-gebruik-van-co2-ccu>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5101260/>
- [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse\\_gas\\_emission\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Greenhouse_gas_emission_statistics)
- <https://zonnepanelenenergie.be/zonnepanelen/tesla-powerwall>
- <https://kusteilanden.files.wordpress.com/2017/04/p1002.pdf>
- [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi\\_loi/change\\_lg.pl?language=nl&la=N&table\\_name=wet&cn=2017031006](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=nl&la=N&table_name=wet&cn=2017031006)
- <http://www.pbl.nl/publicaties/opties-voor-energie-en-klimaatbeleid>
- [www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20110885.do](http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20110885.do)
- [https://www.bondbeterleefmilieu.be/artikel/energietoeekomst-van-europa-smaakt-zoetzuur?utm\\_source=MailingList&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=InZicht+180119](https://www.bondbeterleefmilieu.be/artikel/energietoeekomst-van-europa-smaakt-zoetzuur?utm_source=MailingList&utm_medium=email&utm_campaign=InZicht+180119)
- [http://www.standaard.be/cnt/dmf20180222\\_03372262](http://www.standaard.be/cnt/dmf20180222_03372262)
- <https://medium.com/@ch2ange/patrick-paillère-ergosup-hydrogen-enables-energy-decentralization-e480bd89f1c8>
- <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1449767367230&uri=CELEX:52015DC0572>
- <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>
- [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/technical\\_memo\\_marketsconsumers.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/technical_memo_marketsconsumers.pdf)
- <https://www.eandis.be/nl/klant/aansluitingen/meer-over-aansluitingen/flexibiliteit-r3dp>
- <https://www.waterstofnet.eu/nl/nieuws/power-to-gas-roadmap-voor-vlaanderen-eindrapport-gepubliceerd>



## 8 BEGRIPPEN

### AANBODZIJD VAN HET ENERGIESYSTEEM

De productie en transformatie van energie. Bij de aanbodzijde situeren we onder andere de elektriciteitsproductie, gasbedrijven en petroleumraffinaderijen.

### AFSTEMMING VAN DE VRAAG OP HET AANBOD

De technologieën die een fysieke koppeling maken tussen de vraag en aanbodzijde voor de levering van finale energie (zoals bv. warmtenetten of elektriciteitstransmissie en -distributie), als ook de mogelijkheden om het tijdstip en de aard van het finale energiegebruik (bv. overschakelen naar een andere energiedrager) af te stemmen op het aanbod van energie (bv. ‘power-to-gas’, flexibiliteit bij huishoudens en industrie, opslag van energie, enz.).

### BRUTO BINNENLANDS ENERGIEGEBRUIK

Het bruto binnenlands energiegebruik omvat alle energie die gebruikt wordt door de energie-(transformatie)sector, industrie, huishoudens, handel & diensten, landbouw en transport. Het is gelijk aan het primaire energiegebruik met uitzondering van de ‘internationale bunkers’ (brandstoffen voor internationale scheepvaart en luchtverkeer), die we ook in het kader van deze studie grotendeels buiten beschouwing laten.

### DUURZAAMHEIDSIMPACT

Omvat zowel de ecologische duurzaamheidsimpact (of milieu-impact) als de haalbaarheid van de verschillende oplossingen.

### HAALBAARHEID

De haalbaarheid van een oplossing wordt ingeschat op basis van de betaalbaarheid en de maatschappelijke aanvaarding.

### MILIEU-IMPACT

In het kader van dit rapport focussen we ons vooral op de directe impact veroorzaakt door het energetische eindgebruik in Vlaanderen, waar de uitstoot van BKGs en luchtpolluenten ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , polyaromatische koolwaterstoffen (PAKs), dioxines, fijn stof en zware metalen) de belangrijkste rol spelen. Andere milieu-impacts (zoals bv. in het geval van kernenergie of grondstofgebruik voor batterijen) zullen waar relevant ook aangehaald worden.

### MOGELIJKE OPLOSSING

Een verandering binnen een bepaald deelsysteem die minstens op één dimensie van de ecologische duurzaamheidsimpact (of milieu-impact) een verbetering kan betekenen.

### NETTO BINNENLANDS ENERGIEGEBRUIK

Het verschil tussen bruto en netto binnenlands energiegebruik is het gebruik in de energiesector inclusief verliezen bij transformatie, transport en distributie. Het netto binnenlands energiegebruik kan worden opgesplitst in het energetische eindgebruik en het niet-energetische eindgebruik waarbij energiebronnen ingezet worden als grondstof. Dit laatste gebeurt bijna uitsluitend in de (chemische) industrie, en betreft





vooral het gebruik van aardgas voor de productie van ammoniak en kunstmest, de inzet van nafta voor de aanmaak van diverse kunststoffen (polypropyleen, polyetheen, enz.) en het gebruik van afgeleide aardolie-producten als organisch smeermiddel.

#### **OPLOSSINGSRICHTING**

Om de ecologische duurzaamheidsimpact van het energiesysteem verder te doen dalen moet het energiegebruik waar mogelijk beperkt worden door aanpassing van het gedrag (bv. de thermostaat lager instellen), het resterende energiegebruik zo efficiënt mogelijk gebeuren (bv. halogeenlampen vervangen door ledlampen) en de energieproductie maximaal hernieuwbaar ingevuld worden met respect voor mens en milieu (bv. stroom opwekken met zonnepanelen). Bovendien maakt het groeiende aandeel aan variabele hernieuwbare stroomproductie (wind- en zonne-energie) een betere afstemming tussen elektriciteitsproductie en energiegebruik meer nodig (bv. elektrische boilers inschakelen bij een groot aanbod van hernieuwbare elektriciteit). Deze verschillende opties om het Vlaamse energiesysteem te verduurzamen noemen wij in dit rapport 'oplossingsrichtingen', waarvan we er dus vier onderscheiden:

- energiebesparing door gedragswijziging
- energiebesparing door energie-efficiëntie
- verduurzamen van energievraag en -aanbod
- afstemmen energievraag op -aanbod

Elk van deze vier oplossingsrichtingen omvat verschillende mogelijke oplossingen voor de verschillende deelsystemen van het Vlaamse energiesysteem.

#### **VRAAGZIJDEN VAN HET ENERGIESYSTEEM**

Dit betreft de eindgebruikers die energiedragers gebruiken voor de invulling van hun behoeften, bijvoorbeeld huishoudens die aardgas gebruiken voor de verwarming van hun woning, openbare diensten die met stroom zorgen voor de straatverlichting of de staalindustrie die kolen of cokes inzet om in hun hoogovens ijzer te smelten.



## 9 AFKORTINGEN

AC	Alternating Current
BBE	Bruto Binnenlands Energieverbruik
BEN	Bijna Energie Neutraal
BKG	Broeikasgas
BRP	Balancing Responsible Partie
CAPEX	Capital Expenditures (investeringskost)
CCU	Carbon Capture and Utilisation
CNG	Compressed Natural Gas
DC	Direct Current
DME	Dimethylether
DNB	Distributienetbeheerder
EAF	Electric Arc Furnace
EPB	Energieprestatie en Binnenklimaat
EPC	Energieprestatie Certificaat
ETS	Emissions Trading System
HVDC	High-Voltage Direct Current
ICT	Informatie- en CommunicatieTechnologie
IEA	Internationaal Energieagentschap
IHDs	In-Home Displays
LCOE	Levelised Cost of Electricity
LNG	Liquified Natural Gas
LT	Lage Temperatuur
MT	Middelhoge Temperatuur



NEB	Netto Energie Behoeftte
NO <sub>x</sub>	Stikstofoxiden
OPEX	Operational Expenditures (operationele kost)
PAKs	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
PEM	Proton Exchange Membrane
PJ	PetaJoule
PV	PhotoVoltaics (fotovoltaïsche zonnepanelen)
REG	Rationeel Energie Gebruik
SDGs	Sustainable Development Goals
SEB	Sustainable Energy and Built environment
SERPEC-CC	Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change
SO <sub>2</sub>	Zwavel dioxide
SWW	Sanitair Warm Water
TIS	Technologisch Innovatiesysteem
TWh	TeraWatt.uur
VEA	Vlaams Energieagentschap
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
WKK	Warmte Kracht Koppeling

## 10 ANNEXEN (ZIE APARTE BESTANDEN)

Annex 1 – Overzicht uitgenodigde organisaties en deelnemers aan de expertworkshop (21 november 2017)

Annex 2 – Overzicht van de steekkaarten (expertworkshop 21 november 2017)

Annex 3 – Verslag expertworkshop 21 november 2017

Annex 4 – Overzicht uitgenodigde organisaties en deelnemers aan de 3 workshops in februari 2018

Annex 5 – Achtergronddocumenten voor de 3 workshops in februari 2018

Annex 6 – Overzicht van de oplossingen, barrières en hefboomen voor de 3 workshops in februari 2018

Annex 7 – Overzicht van de transitiepaden



