

Ex-ante technologisch potentieel en ex-post technologische valorisatie van wetenschappelijk onderzoek in Vlaanderen

VARIO Studieopdracht

Prof. Dr. Sam Arts

Department of Management, Strategy and Innovation
Faculty of Economics and Business
KU Leuven
sam.arts@kuleuven.be

Elena Veretennik

Department of Management, Strategy and Innovation
Faculty of Economics and Business
KU Leuven

Prof. Dr. Reinhilde Veugelers

Department of Management, Strategy and Innovation
Faculty of Economics and Business
KU Leuven

Inhoudstabel

1	Introductie	3
2	Gegevensbronnen en verwerking	6
3	Geografische toewijzing aan regio's en landen	8
4	Benchmarklanden en -regio's	10
5	Indicatoren	13
6	Analyse van het technologisch potentieel en valorisatie van wetenschap in Vlaanderen ..	17
6.1	<i>Technologisch potentieel van wetenschap in Vlaanderen</i>	<i>19</i>
6.1.1	<i>Aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde en Europese publicatieoutput met hoog technologisch potentieel.....</i>	<i>19</i>
6.1.2	<i>Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoog technologisch potentieel.....</i>	<i>21</i>
6.2	<i>Technologische valorisatie van Vlaamse wetenschap</i>	<i>24</i>
6.2.1	<i>Aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde en EU-27-publicatieoutput met hoge technologische valorisatie</i>	<i>24</i>
6.2.2	<i>Comparatief voordeel van Vlaanderen in de wereldwijde en EU-27-publicatieoutput met hoge technologische valorisatie</i>	<i>29</i>
6.3	<i>Internationale benchmarking van Vlaanderen per domein</i>	<i>34</i>
6.3.1	<i>Technologisch potentieel van wetenschap in Vlaanderen per domein</i>	<i>34</i>
6.3.2	<i>Technologische valorisatie van wetenschap in Vlaanderen per domein</i>	<i>38</i>
7	Onbenut technologisch potentieel van wetenschap in Vlaanderen	42
8	Internationale co-publicaties, samenwerking met bedrijven en doorbraakonderzoek.....	44
9	Internationale kennisstromen tussen wetenschap en innovatie in Vlaanderen	46
9.1	<i>Binnenlandse versus buitenlandse technologische valorisatie van Vlaamse wetenschap</i>	<i>46</i>
9.2	<i>Buitenlandse technologische valorisatie van Vlaamse wetenschappelijke kennis</i>	<i>49</i>
9.3	<i>Vlaamse technologische valorisatie van buitenlandse wetenschappelijke kennis</i>	<i>50</i>
10	Conclusie.....	52
11	Referenties	56

1 Introductie

Wetenschappelijk onderzoek is een essentiële motor van technologische vooruitgang, productiviteitsgroei en duurzame economische ontwikkeling. Voor beleid volstaat het daarom niet om enkel te kijken naar de omvang of de wetenschappelijke kwaliteit van de onderzoeksoutput. Minstens even belangrijk is of die wetenschap ook technologisch relevant is, of zij daadwerkelijk doorwerkt in innovatie, en in welke mate Vlaanderen daar zelf de vruchten van plukt.

Deze studie bouwt voort op een eerdere VARIO-analyse over wetenschap en technologie in Vlaanderen, waarin Vlaanderen werd vergeleken met andere landen en regio's. Daaruit bleek een duidelijk patroon: Vlaanderen presteert sterk op het vlak van wetenschap, maar beduidend minder sterk op het vlak van technologieontwikkeling. Dat wijst erop dat er ergens in de doorstroming van wetenschap naar technologie een knelpunt zit. Dit rapport heeft als doel die mogelijke breuklijn scherper in beeld te brengen.

Meer concreet onderzoekt dit rapport drie mogelijke verklaringen. Een eerste mogelijkheid is dat Vlaanderen wel sterk staat in wetenschap in het algemeen, maar relatief minder in wetenschappelijk onderzoek met hoog ex-ante technologisch potentieel. Een tweede mogelijkheid is dat Vlaanderen wel degelijk technologisch beloftevolle wetenschap voortbrengt, maar dat dit potentieel zich ex-post onvoldoende vertaalt in technologische valorisatie. Een derde mogelijkheid is dat Vlaamse wetenschap wel technologisch potentieel heeft en ook effectief technologisch wordt gevaloriseerd, maar dat die valorisatie relatief vaak buiten Vlaanderen plaatsvindt. Deze drie verklaringen wijzen op verschillende beleidsuitdagingen en dus ook op verschillende beleidshefbomen.

Vanuit die invalshoek analyseert dit rapport drie samenhangende dimensies: het ex-ante technologisch potentieel van wetenschappelijk onderzoek, de ex-post technologische valorisatie ervan, en de mate waarin die valorisatie binnen Vlaanderen verankerd is. Ex-ante technologisch potentieel verwijst naar de mate waarin wetenschappelijke publicaties, op basis van hun inhoud, potentiële bouwstenen vormen voor latere technologische ontwikkeling. Ex-post technologische valorisatie verwijst naar de mate waarin wetenschappelijke kennis ook effectief haar weg vindt naar technologie. De derde dimensie betreft de geografische locatie van die valorisatie: vindt zij plaats binnen Vlaanderen, of vooral daarbuiten? Door deze drie dimensies samen te brengen, maakt dit rapport zichtbaar waar Vlaanderen sterk staat in het voortbrengen van technologisch beloftevolle wetenschap, in welke mate die sterkte zich vertaalt in technologische toepassingen, en in hoeverre Vlaanderen die technologische valorisatie ook zelf weet te verankeren.

Die driedeling is beleidsmatig relevant, omdat de drie mogelijke verklaringen elk op een andere beleidshefboom wijzen. Als Vlaanderen relatief minder sterk presteert in onderzoek met hoog technologisch potentieel, ligt de uitdaging aan de inputzijde van de kennispijplijn. Als technologisch beloftevolle wetenschap onvoldoende wordt omgezet in technologische valorisatie, ligt de uitdaging in de verbinding tussen wetenschap en innovatie. En als Vlaamse

wetenschap wel wordt gevaloriseerd, maar vooral buiten Vlaanderen, dan ligt de uitdaging in de binnenlandse verankering van die valorisatie. Dit rapport maakt het mogelijk om die drie verklaringen van elkaar te onderscheiden, en zo scherper te identificeren waar het Vlaamse beleid het meeste verschil kan maken.

Een belangrijke meerwaarde van deze studie is de systematische internationale benchmarking. Vlaanderen wordt niet alleen doorheen de tijd gevolgd, maar ook vergeleken met de wereld, de EU-27 en een reeks benchmarklanden en benchmarkregio's. Daarbij analyseren we zowel het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde output van wetenschappelijke publicaties met hoog technologisch potentieel of hoge technologische valorisatie als het comparatief voordeel van Vlaanderen op deze dimensies. Daarnaast besteedt het rapport aandacht aan verschillen tussen wetenschappelijke domeinen, aan onbenut technologisch potentieel, en aan kenmerken van onderzoek die samenhangen met sterkere technologische relevantie en valorisatie, zoals internationale co-publicaties, samenwerking met bedrijven en doorbraakonderzoek.

Een bijkomende beleidsvraag is waar technologische valorisatie precies plaatsvindt. Zelfs wanneer Vlaamse wetenschap technologisch potentieel heeft en effectief wordt benut, betekent dat nog niet noodzakelijk dat die benutting ook in Vlaanderen zelf plaatsvindt. Daarom analyseert dit rapport ook de internationale kennisstromen tussen wetenschap en innovatie. We onderzoeken niet alleen in welke mate Vlaamse wetenschappelijke kennis technologisch wordt gevaloriseerd binnen Vlaanderen zelf dan wel in het buitenland, maar ook welke landen en regio's het sterkst gebruikmaken van Vlaamse wetenschap, en omgekeerd in welke mate Vlaamse technologische ontwikkeling steunt op binnenlandse en buitenlandse wetenschappelijke kennis. Dat perspectief is essentieel om te begrijpen of het knelpunt voor Vlaanderen vooral ligt in het voortbrengen van technologisch relevante wetenschap, in de technologische valorisatie ervan, of in de mate waarin Vlaanderen die valorisatie ook zelf weet te verankeren.

Samen biedt dit rapport een beleidsgericht kader om te beoordelen waar in Vlaanderen de belangrijkste sterktes, knelpunten en vormen van onbenut potentieel in de doorstroming van wetenschap naar technologie liggen.

Tegelijk is het belangrijk de scope van het rapport helder af te bakenen. Wetenschappelijk onderzoek creëert een brede maatschappelijke meerwaarde die veel verder reikt dan technologische valorisatie alleen. Wetenschap levert niet enkel bouwstenen voor innovatie, maar ook fundamentele inzichten, ondersteuning voor beleidsvorming, oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen, en bijdragen aan opleiding, talentontwikkeling en algemene kennisopbouw. Dit rapport focust specifiek op de technologische route, zonder daarmee afbreuk te doen aan het bredere maatschappelijke belang van wetenschap.

Ook de gehanteerde meting van technologische valorisatie vereist nuance. In dit rapport meten we technologische valorisatie aan de hand van octrooigegevens. Dat impliceert een eerste belangrijke beperking: niet alle nieuwe technologieën zijn patenteerbaar, en niet alle patenteerbare technologieën worden ook daadwerkelijk gepatenteerd. De bevindingen van dit

rapport hebben dus specifiek betrekking op de doorstroming van wetenschappelijke kennis naar gepatenteerde technologische ontwikkeling. Daarnaast betekent zelfs zichtbare technologische valorisatie in octrooien nog niet automatisch dat er ook economische meerwaarde wordt gerealiseerd. Niet alle gepatenteerde technologie wordt ook daadwerkelijk commercieel toegepast in nieuwe of verbeterde producten, diensten of productieprocessen. Dit rapport biedt daarom vooral inzicht in de eerste schakels van de valorisatieketen: de mate waarin wetenschappelijke kennis technologisch potentieel heeft, in welke mate dat potentieel zich vertaalt in technologische valorisatie zoals zichtbaar in octrooigegevens, en of die valorisatie al dan niet binnen Vlaanderen zelf gebeurt. Het rapport laat daarentegen niet toe om de uiteindelijke realisatie van economische of maatschappelijke meerwaarde rechtstreeks te meten. Die bredere opbrengsten liggen verder stroomafwaarts in het innovatieproces en vallen buiten de afbakening van deze studie.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 bespreekt de gebruikte gegevensbronnen en de verwerking ervan. Hoofdstuk 3 licht de geografische toewijzing aan regio's en landen toe. Hoofdstuk 4 bespreekt de geselecteerde benchmarklanden en benchmarkregio's. Hoofdstuk 5 definieert de gebruikte indicatoren. Hoofdstuk 6 analyseert het technologisch potentieel en de technologische valorisatie van wetenschap in Vlaanderen en situeert Vlaanderen in internationaal perspectief. Hoofdstuk 7 behandelt onbenut technologisch potentieel. Hoofdstuk 8 bespreekt internationale co-publicaties, samenwerking met bedrijven en doorbraakonderzoek. Hoofdstuk 9 analyseert de internationale kennisstromen tussen wetenschap en innovatie in Vlaanderen. Hoofdstuk 10 formuleert de conclusie en hoofdstuk 11 bevat de referenties.

2 Gegevensbronnen en verwerking

Deze studie combineert gegevensbronnen over wetenschappelijke publicaties, hun ex-ante technologisch potentieel en hun ex-post gerealiseerde technologische valorisatie. Samen maken deze bronnen het mogelijk om voor Vlaanderen in kaart te brengen in welke mate wetenschappelijk onderzoek technologisch beloftevol is, in welke mate dat potentieel zich ook effectief vertaalt in technologische toepassingen, en hoe Vlaanderen zich op beide dimensies verhoudt tot andere landen en regio's.

Als basis voor de analyse gebruiken we OpenAlex, een grootschalige open-access databank met metagegevens over wetenschappelijke publicaties, auteurs, affiliaties, referenties en citaties, beschikbaar via <https://openalex.s3.amazonaws.com/browse.html#data/works/>. Voor deze studie gebruiken we de snapshot van januari 2024. Hoewel OpenAlex publicaties uit alle wetenschappelijke domeinen en tot en met 2023 bevat, beperken we deze studie tot publicaties uit de periode 2000–2020. Die afbakening sluit aan bij de beschikbaarheid van de indicatoren voor technologisch potentieel en valorisatie en biedt tegelijk een voldoende lange observatieperiode om structurele patronen en trends betrouwbaar te analyseren. Gezien de focus van dit rapport op technologische valorisatie van wetenschappelijke kennis, worden publicaties in de sociale wetenschappen niet opgenomen in de analyse.

Voor het ex-ante technologisch potentieel van wetenschappelijke publicaties gebruiken we de gegevens van Masclans et al. (2025), beschikbaar via <https://zenodo.org/records/17912043>. Deze bron kent aan wetenschappelijke publicaties een indicator toe die meet in welke mate hun inhoud kenmerken vertoont die samenhangen met latere technologische en commerciële relevantie. De indicator is enkel beschikbaar voor publicaties met een DOI, titel en abstract, gepubliceerd tussen 2000 en 2020. Deze maatstaf laat toe om het onderliggende ex-ante potentieel van wetenschappelijk onderzoek om later technologisch en economisch relevant te worden in kaart te brengen. Dat is beleidsmatig belangrijk, omdat het toelaat om onderscheid te maken tussen onderzoek dat technologisch beloftevol is en onderzoek dat die belofte later ook effectief omzet in technologische valorisatie.

Voor de ex-post gerealiseerde valorisatie van wetenschappelijke publicaties gebruiken we twee complementaire indicatoren. Een eerste indicator is gebaseerd op patentcitaten naar wetenschappelijke publicaties. Daarvoor gebruiken we de dataset van Marx en Fuegi (2020), beschikbaar via <https://zenodo.org/records/11461587>. Deze databron registreert welke wetenschappelijke publicaties door patenten wereldwijd worden geciteerd, en biedt daarmee een brede en internationaal relevante basis om te meten in welke mate wetenschappelijke publicaties worden benut in technologische ontwikkeling.

Patentcitaten zijn een nuttige, maar onvolledige maatstaf voor kennisoverdracht van wetenschap naar technologie (Roach en Cohen, 2013). Daarom gebruiken we daarnaast een tweede indicator, gebaseerd op het hergebruik van nieuwe wetenschappelijke ideeën in patenttekst. Concreet identificeren we eerst nieuwe ideeën in wetenschappelijke publicaties op basis van nieuw geïntroduceerde zelfstandig-naamwoordgroepen in titels en abstracts (Arts et

al., 2025), en meten we vervolgens in welke mate die ideeën later terugkeren in USPTO-patenten. Deze aanpak laat toe om ook technologische valorisatie zichtbaar te maken die niet of slechts onvolledig via patentcitaten wordt gemeten. De maatstaf bouwt voort op werk van Arts en Melluso (2026) en werd reeds uitgebreid gevalideerd.

Een belangrijke kanttekening en beperking van het rapport is dat ook deze twee indicatoren slechts één specifieke vorm van valorisatie van wetenschappelijk onderzoek vatten, namelijk de doorstroming van wetenschappelijke kennis naar gepatenteerde technologische ontwikkeling. Wetenschappelijke kennis kan daarnaast ook via andere valorisatiekanalen economische en maatschappelijke meerwaarde creëren, zoals samenwerking tussen universiteiten en bedrijven, contractonderzoek en industriële financiering van universitair onderzoek, spin-offs en startups, of toepassing in bedrijfsprocessen en producten zonder dat dit resulteert in geoctrooide technologie.

Voor de onderliggende patentgegevens gebruiken we twee aanvullende bronnen. Voor de analyse van patenttekst en ideehergebruik gebruiken we PatentsView, beschikbaar via <https://patentsview.org/home>, dat alle door het USPTO toegekende patenten bevat. Voor de analyse van internationale en grensoverschrijdende valorisatie gebruiken we daarnaast PATSTAT versie 2025b, de internationale patentdatabank van het Europees Octrooibureau (EPO). De verschillende gegevensbronnen worden op de infrastructuur van KU Leuven geharmoniseerd, gekoppeld en opgeschoond, zodat ze op consistente wijze kunnen worden gebruikt in de verdere analyse. Daarbij worden onder meer metagegevens gestandaardiseerd en geografische gegevens gekoppeld. Voor de publicatiegegevens vertrekken we van een reeds opgeschoonde versie van OpenAlex, waarbij enkel publicaties behouden blijven met voldoende volledige en betrouwbare metagegevens, waaronder een Engelstalige titel en abstract, volledige uitgeversinformatie, een geldige impactfactor, minstens één auteur en geen dubbele records. Ook voor de patentgegevens worden bijkomende harmonisatiestappen uitgevoerd, in het bijzonder voor de internationale gegevens uit PATSTAT, omdat een consistente geografische toewijzing essentieel is voor de analyse van Vlaanderen, benchmarklanden en benchmarkregio's.

Samen vormen deze gegevensbronnen en verwerkingsstappen de basis voor een consistente en internationaal vergelijkbare analyse van het technologisch potentieel en de gerealiseerde valorisatie van wetenschappelijk onderzoek in Vlaanderen.

3 Geografische toewijzing aan regio's en landen

Om wetenschappelijke publicaties en patenten correct toe te wijzen aan Vlaanderen, benchmarkregio's en landen, harmoniseren we de geografische informatie in de verschillende gegevensbronnen. Dat is noodzakelijk omdat OpenAlex, PatentsView en PATSTAT locatiegegevens op een verschillende manier registreren. Een consistente geografische toewijzing is essentieel om Vlaanderen op een betrouwbare manier te vergelijken met andere regio's en landen.

Voor de geografische toewijzing van wetenschappelijke publicaties vertrekken we van de affiliaties van auteurs in OpenAlex. Auteurs kunnen aan één of meerdere instellingen verbonden zijn. Deze affiliaties bevatten doorgaans adresinformatie zoals stad, postcode en land. OpenAlex zet deze informatie om in geografische coördinaten die de fysieke locatie van de instelling weerspiegelen. Op basis daarvan kunnen publicaties op een consistente manier worden toegewezen aan landen en regio's.

Voor de geografische toewijzing van patenten gebruiken we de adressen van uitvinders. In PatentsView is elke uitvinder gekoppeld aan een stad en landcode, zoals vermeld in de oorspronkelijke patentaanvraag. Deze informatie wordt door PatentsView geharmoniseerd en gekoppeld aan geografische coördinaten. Voor niet-Amerikaanse patenten gebruiken we PATSTAT, waar geografische informatie beschikbaar is in een andere vorm. PATSTAT bevat voor uitvinders onder meer een landcode en, voor Europese patenten, een gestandaardiseerde NUTS-code.

De keuze voor uitvindersadressen sluit aan bij de gangbare praktijk in regionale innovatieanalyses. Uitvindersadressen geven beter weer waar de technologie daadwerkelijk tot stand is gekomen, bijvoorbeeld in een onderzoekscentrum, laboratorium of lokale R&D-vestiging. Aanvragersadressen verwijzen daarentegen naar de juridische eigenaar van het patent en weerspiegelen vaak de locatie van het hoofdkantoor. Zeker bij grote ondernemingen met vestigingen in meerdere regio's of landen kan dit een vertekend beeld geven van de geografische locatie van de onderliggende R&D-activiteit. Om die reden worden patenten in regionale studies doorgaans toegewezen op basis van uitvindersadressen eerder dan aanvragersadressen (Maraut et al., 2008).

Om de drie gegevensbronnen onderling vergelijkbaar te maken, voeren we bijkomende harmonisatie- en opschoningsstappen uit op de geografische gegevens. Daarbij koppelen we observaties op consistente wijze aan vier geografische niveaus: land, regionaal niveau (zoals gewest, regio of deelstaat), provinciaal of subregionaal niveau en lokale entiteit (zoals stad of gemeente). Deze geharmoniseerde structuur maakt het mogelijk om publicaties en patenten op een consistente manier toe te wijzen aan Vlaanderen, benchmarkregio's en andere landen.

Bij de geografische toewijzing van publicaties en patenten passen we geen fractionering toe. Een publicatie of patent waaraan Vlaanderen meewerkt, telt dus volledig mee voor Vlaanderen, ook wanneer er tegelijk co-auteurs of co-uitvinders uit andere regio's of landen

betrokken zijn. Die keuze sluit aan bij de realiteit van internationale kennisproductie, waarin samenwerking over instellingen en landsgrenzen heen een centrale rol speelt. Een proportionele opsplitsing op basis van het aantal auteurs of uitvinders zou die samenwerking onvoldoende weerspiegelen en het belang van internationale kennisnetwerken onderschatten.

Voor de analyse van grensoverschrijdende valorisatie vermijden we bovendien dubbeltellingen binnen dezelfde patentfamilie. Wanneer een Vlaamse publicatie bijvoorbeeld wordt geciteerd door meerdere patenten die tot dezelfde familie behoren, tellen we elke unieke uitvinderslocatie slechts één keer mee op het niveau van de citerende patentfamilie. Die keuze is belangrijk omdat één onderliggende uitvinding vaak in meerdere jurisdicties wordt beschermd. Zonder deze correctie zou dezelfde technologische benutting van Vlaamse wetenschap meerdere keren worden geteld, wat de geografische analyse zou vertekenen.

Om Vlaamse wetenschappelijke output correct af te bakenen, identificeren we vervolgens alle publicaties waarvan de affiliatielocatie geografisch wordt toegewezen aan België en, binnen België, aan Vlaanderen. Die stap is noodzakelijk omdat dit rapport expliciet focust op de positie van Vlaanderen in vergelijking met andere landen en regio's. Een correcte afbakening van welke publicaties als Vlaams worden beschouwd, vormt daarom een essentiële basisvoorwaarde voor alle verdere analyses, waaronder benchmarking, vergelijkingen tussen wetenschappelijke domeinen en de studie van internationale kennisstromen. Om de kwaliteit van deze toewijzing te verzekeren, werden alle unieke locaties die aan Vlaanderen zijn gekoppeld bovendien handmatig gecontroleerd.

Deze werkwijze vormt de basis voor een betrouwbare en internationaal vergelijkbare analyse van de positie van Vlaanderen in kennis- en valorisatiestromen.

4 Benchmarklanden en -regio's

Voor deze studie maken we gebruik van een set benchmarklanden en -regio's om de prestaties van Vlaanderen te vergelijken met andere belangrijke geografische regio's wereldwijd.

- Europese Unie (EU-27) met als benchmarklanden:
 - Oostenrijk (AT)
 - Denemarken (DK)
 - Duitsland (DE)
 - Finland (FI)
 - Frankrijk (FR)
 - Italië (IT)
 - Nederland (NL)
 - Zweden (SE)
 - België (BE)
 - Spanje (ES)
 - Ierland (IE)
- Buiten de EU-27 kijken we ook binnen Europa naar:
 - Verenigd Koninkrijk (UK)
 - Zwitserland (CH)
- Buiten Europa:
 - Verenigde Staten (US)
 - Japan (JP)
 - China (CN)
 - Zuid-Korea (KR)
 - Singapore (SG)
 - Israël (IL)
- Binnen Europa worden ook een aantal benchmarkregio's bekeken:
 - **Zwitserland:** Zürich, Région Lémanique, Espace Mittelland, Nordwestschweiz, Ostschweiz, Zentralschweiz, Ticino.
 - **Duitsland:** Oberbayern, Karlsruhe, Tübingen, Stuttgart.
 - **Zweden:** Stockholm, Sydsverige.
 - **Denemarken:** Hovedstaden.
 - **Finland:** Helsinki-Uusimaa.
 - **Nederland:** Utrecht, Noord-Brabant.

Om elke locatie correct toe te wijzen aan het juiste benchmarkland of de juiste benchmarkregio, gebruiken we twee geocodingstools in Python: *Geopy* voor het aanvullen van ontbrekende coördinaten en *reverse_geocoder* voor het vertalen van coördinaten naar geografische labels. Toewijzingen op landniveau baseren we rechtstreeks op de door *reverse_geocoder* toegekende landcode. Voor toewijzingen op regionaal niveau maken we gebruik van een correspondentietabel die administratieve indelingen van het eerste en tweede niveau koppelt aan de relevante benchmarkregio's.

Indien een land of regio te weinig observaties oplevert om consistente indicatoren te berekenen, nemen we die niet systematisch op in de figuren. De onderliggende gegevens voor alle landen en regio's blijven wel beschikbaar in de bijgevoegde Excel-bestanden.

Om Vlaanderen internationaal te benchmarken, gebruiken we in dit rapport twee complementaire benaderingen. Ten eerste analyseren we het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde en EU-27-output van wetenschappelijke publicaties met technologisch potentieel en technologische valorisatie. Die indicator toont hoe groot de bijdrage van Vlaanderen is aan de totale productie van technologisch beloftevolle en technologisch gevaloriseerde wetenschap. Hij geeft dus vooral inzicht in het absolute gewicht van Vlaanderen binnen Europa en de wereld.

Ten tweede analyseren we het comparatief voordeel van Vlaanderen via een Revealed Comparative Advantage (RCA)-indicator. De indicator wordt als volgt gedefinieerd:

$$RCA_{i,VL} = \frac{\frac{\text{Aantal publicaties van Vlaanderen in categorie } i}{\text{Totale publicatie-output van Vlaanderen}}}{\frac{\text{Aantal publicaties in de wereld of de EU-27 in categorie } i}{\text{Totale publicatie-output van de wereld of de EU-27}}}$$

waar i staat voor hoog ex-ante technologisch potentieel of hoge ex-post technologische valorisatie.

- **RCA = 1:** Vlaanderen heeft in categorie i een aandeel dat overeenkomt met het gemiddelde in de wereld (of EU-27).
- **RCA > 1:** Vlaanderen bezit een comparatief voordeel (specialisatie) in categorie i .
- **Stijgende RCA:** het comparatief voordeel wordt sterker overheen de tijd.

Deze indicator laat toe om na te gaan of Vlaanderen zich sterker dan gemiddeld specialiseert in wetenschappelijke publicaties met hoog technologisch potentieel of hoge technologische valorisatie, en hoe die positie zich verhoudt tot die van andere landen en regio's.

Deze maatstaf geeft weer in welke mate Vlaanderen relatief gespecialiseerd is in publicaties met technologisch potentieel of technologische valorisatie, rekening houdend met de totale omvang van de Vlaamse wetenschappelijke output. Dat is belangrijk omdat grotere landen, zoals Duitsland, door hun schaal vanzelf een groter aandeel in de wereldoutput hebben dan Vlaanderen. De RCA-indicator corrigeert voor die schaalverschillen en laat daardoor beter toe

om na te gaan of Vlaanderen zich meer of minder dan gemiddeld specialiseert in technologisch relevante wetenschap.

De RCA-indicator wordt afzonderlijk berekend voor publicaties met hoog technologisch potentieel en voor publicaties met hoge technologische valorisatie. Een RCA gelijk aan 1 betekent dat Vlaanderen in die categorie precies presteert in lijn met het referentiegemiddelde. Een RCA groter dan 1 wijst op een comparatief voordeel of specialisatie van Vlaanderen in die categorie. Hoe hoger de RCA, hoe sterker die specialisatie. Door de evolutie van deze indicatoren in de tijd te volgen, kunnen we nagaan of Vlaanderen zijn relatieve positie in technologisch relevante wetenschap versterkt, behoudt of verliest.

Samen geven beide benaderingen een complementair beeld van de internationale positie van Vlaanderen. Het aandeel van Vlaanderen toont hoe groot de Vlaamse bijdrage is aan de wereldwijde of Europese output van wetenschappelijke publicaties met technologisch potentieel en technologische valorisatie. Die maatstaf is vooral informatief over het absolute gewicht van Vlaanderen, maar laat zich minder goed rechtstreeks vergelijken met andere landen en regio's, omdat grotere landen door hun schaal vanzelf een groter aandeel hebben. De RCA-indicator corrigeert voor die schaalverschillen en geeft weer in welke mate Vlaanderen relatief sterker of zwakker gespecialiseerd is in wetenschappelijke output met technologisch potentieel en technologische valorisatie dan andere landen en regio's.

5 Indicatoren

In dit rapport gebruiken we een aantal indicatoren om het technologisch potentieel en de gerealiseerde valorisatie van wetenschappelijke publicaties in kaart te brengen. Daarbij maken we een onderscheid tussen een ex-ante maatstaf, die het potentiële technologische belang van wetenschappelijk onderzoek inschat vóór valorisatie plaatsvindt, en ex-post maatstaven, die nagaan in welke mate wetenschappelijke kennis later ook effectief wordt benut in technologische ontwikkeling.

Het ex-ante technologisch potentieel meet in welke mate een wetenschappelijke publicatie, op basis van haar inhoud, kenmerken vertoont die samenhangen met latere technologische en commerciële relevantie. De gerealiseerde valorisatie meten we ex-post aan de hand van twee complementaire indicatoren: het aantal patentcitaten dat een publicatie ontvangt, en de mate waarin nieuwe wetenschappelijke ideeën uit die publicatie later terugkeren in patenttekst. Samen geven deze indicatoren een beter beeld van de mate waarin wetenschappelijke kennis doorstroomt naar gepatenteerde technologie.

Bij de constructie van de indicatoren vertrekken we telkens van de jaarlijkse verdeling van publicaties, en niet van aparte drempels per wetenschappelijk domein. Die keuze is bewust. Sommige wetenschappelijke domeinen hebben gemiddeld een hoger technologisch potentieel of een sterkere technologische valorisatie dan andere, en bepaalde landen of regio's zijn sterker gespecialiseerd in die domeinen. In dit rapport willen we precies die algemene patronen zichtbaar maken. Door met jaarspecifieke drempels te werken, brengen we de totale positie van Vlaanderen in kaart, inclusief de rol van domeinspecialisatie.

Publicaties in de sociale wetenschappen worden niet opgenomen in deze analyse. Het gaat daarbij om de OpenAlex-domeinen Arts and Humanities, Business, Management and Accounting, Decision Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Psychology en Social Sciences. Deze afbakening sluit aan bij de beschikbaarheid en toepasbaarheid van de indicatoren voor technologisch potentieel en technologische valorisatie.

De volledige lijst van variabelen en definities is opgenomen in Box 1 en in de bijgevoegde databestanden. Voor de kernanalyse gebruiken we in het bijzonder de volgende indicatoren.

num_papers en ***num_papers_compot*** meten respectievelijk het totale aantal wetenschappelijke publicaties en het aantal publicaties waarvoor een score voor technologisch potentieel beschikbaar is, voor een bepaald land of een bepaalde regio in een bepaald jaar. Deze indicatoren vormen de basispopulatie waarbinnen technologisch potentieel en gerealiseerde valorisatie worden gemeten.

compot50 meet het aantal publicaties binnen een land of regio en in een bepaald jaar dat behoort tot de bovenste 50% van de verdeling van technologisch potentieel, relatief ten opzichte van alle publicaties met een beschikbare technologisch-potentieelscore in datzelfde jaar. Deze indicator identificeert publicaties die relatief sterk scoren op technologisch potentieel.

citation10 meet het aantal publicaties dat binnen een bepaald jaar behoort tot de bovenste 10% van de verdeling van patentcitaten. Deze indicator brengt in kaart welke publicaties een sterke technologische doorwerking hebben gehad. Daarbij tellen we patentcitaten wereldwijd, inclusief maar niet beperkt tot patenten ingediend bij het United States Patent and Trademark Office en het Europees Octrooibureau. Om dubbeltellingen te vermijden, worden citaties samengenomen op het niveau van de DOCDB-patentfamilie.

reuse10_new_phrase_reuse meet het aantal publicaties dat binnen een bepaald jaar behoort tot de bovenste 10% van de verdeling van nieuwe wetenschappelijke ideeën die later worden hergebruikt in U.S.-patenten. Deze indicator identificeert publicaties die niet alleen nieuwe ideeën introduceren, maar waarvan die ideeën ook later worden opgepikt in technologische ontwikkeling.

Samen maken deze indicatoren het mogelijk om onderscheid te maken tussen drie dimensies: de omvang van de wetenschappelijke output, het technologisch potentieel van die output, en de mate waarin dat potentieel zich ook effectief vertaalt in technologische valorisatie. Dat onderscheid is cruciaal voor dit rapport, omdat het toelaat om niet alleen te analyseren waar Vlaanderen technologisch beloftevolle wetenschap voortbrengt, maar ook in welke mate die wetenschap later daadwerkelijk wordt benut in innovatie.¹

Hieronder geven we ter illustratie enkele voorbeelden van Vlaamse wetenschappelijke publicaties die hoog scoren op één of meerdere van de gebruikte indicatoren.

- Een voorbeeld van een Vlaamse publicatie die hoog scoort op zowel technologisch potentieel als gerealiseerde valorisatie volgens alle drie de indicatoren is *Recognition of antigens by single-domain antibody fragments: the superfluous luxury of paired domains*, gepubliceerd in 2001 in *Trends in Biochemical Sciences* door Serge Muyldermans van de Vrije Universiteit Brussel en het Vlaams Instituut voor Biotechnologie. De publicatie behaalde een hoge score op technologisch potentieel (0,898 op 1), werd door meer dan 300 wereldwijde patentfamilies geciteerd en kende hergebruik van de onderliggende ideeën in meer dan 110 patenten.
- Een voorbeeld van een Vlaamse publicatie met hoog technologisch potentieel en sterke score op ideehergebruik, maar zonder patentcitaten, is *Toward a Replacement of the CIE Color Rendering Index for White Light Sources*, gepubliceerd in 2016 in *LEUKOS* door Kevin G. Smet van KU Leuven. De publicatie behaalde een zeer hoge score op technologisch potentieel (0,998 op 1)

¹ Een mogelijke bekommernis is dat een beperkt aantal patent-publicatielinks geen zuivere latere doorstroming van wetenschap naar technologie weerspiegelt, bijvoorbeeld wanneer patentering aan publicatie voorafgaat. Daarom toetsen we expliciet de rol van zulke patent–paper pairs (PPP's). We gebruiken hiervoor de methodologie en data van Marx en Scharfmann (2024). Die blijken echter zeldzaam (0,48% van alle papers en 0,90% van de Vlaamse papers) en hebben geen materiële impact op de resultaten voor Vlaanderen.

en de onderliggende ideeën werden later in meer dan 30 patenten hergebruikt, maar de publicatie ontving geen patentcitaten.

- Een voorbeeld van een Vlaamse publicatie met hoog technologisch potentieel en sterke score op patentcitaten, maar zonder score op ideehergebruik, is *Clades of Adeno-Associated Viruses Are Widely Disseminated in Human Tissues*, gepubliceerd in 2004 in *Journal of Virology* door Luk H. Vandenberghe van KU Leuven en co-auteurs. De publicatie behaalde een hoge score op technologisch potentieel (0,865 op 1) en werd door meer dan 400 patentfamilies geciteerd.

Box 1: Lijst van alle variabelen

- **region / country:** De regio of het land waaraan een wetenschappelijke publicatie wordt toegewezen op basis van de affiliaties van de auteurs. Deze variabele geeft aan waar de kennisproductie plaatsvindt.
- **year:** Het publicatiejaar van het wetenschappelijke artikel, met waarden van 2000 tot en met 2020.
- **num_papers:** Het aantal unieke wetenschappelijke publicaties dat in een bepaald jaar aan een regio of land wordt toegewezen. Deze variabele geeft inzicht in de totale wetenschappelijke output per locatie en jaar, los van het technologisch potentieel of de gerealiseerde valorisatie van de publicaties.
- **num_papers_compot:** Het aantal unieke wetenschappelijke publicaties waarvoor een score voor technologisch potentieel beschikbaar is en dat in een bepaald jaar aan een regio of land wordt toegewezen. Deze variabele geeft inzicht in de omvang van de wetenschappelijke output waarvoor technologisch potentieel kan worden gemeten en vormt de basis voor de berekening van aandelen en RCA.
- **avg_compot:** De gemiddelde ex-ante score voor technologisch potentieel van wetenschappelijke publicaties binnen een bepaalde regio of een bepaald land en jaar.
- **compot50:** Het aantal wetenschappelijke publicaties binnen een bepaalde regio of een bepaald land en jaar dat behoort tot de bovenste 50% van de verdeling van technologisch potentieel in datzelfde jaar, relatief ten opzichte van alle publicaties waarvoor een score voor technologisch potentieel beschikbaar is. Deze variabele identificeert publicaties met relatief hoog technologisch potentieel.
- **avg_n_citations:** Het gemiddelde aantal patentfamiliecitatie dat wetenschappelijke publicaties binnen een bepaalde regio of een bepaald land en jaar ontvangen van patenten wereldwijd. Deze variabele geeft een indicatie van de gerealiseerde technologische valorisatie van wetenschappelijke publicaties. We tellen patentcitaten wereldwijd, inclusief maar niet beperkt tot patenten ingediend bij het United States

Patent and Trademark Office en het Europees Octrooibureau. Om dubbeltellingen te vermijden, worden citaties geaggregeerd op het niveau van de DOCDB-patentfamilie.

- ***citation10***: Het aantal wetenschappelijke publicaties binnen een bepaalde regio of een bepaald land en jaar dat behoort tot de bovenste 10% van de verdeling van patentfamiliecitaties in datzelfde jaar. Deze variabele identificeert publicaties met een sterke technologische doorwerking. Ook hier tellen we patentcitaten wereldwijd en worden citaties geaggregeerd op het niveau van de DOCDB-patentfamilie.
- ***avg_n_new_phrase_reuse***: Het gemiddelde hergebruik in latere U.S.-patenten van nieuwe zelfstandignaamwoordgroepen die voor het eerst in wetenschappelijke publicaties worden geïntroduceerd, berekend voor alle publicaties binnen een bepaalde regio of een bepaald land en jaar. Zelfstandignaamwoordgroepen worden gebruikt om de kernconcepten van een wetenschappelijke publicatie te identificeren. Het gaat doorgaans om een zelfstandig naamwoord, vaak aangevuld met bijvoeglijke bepalingen of voorzetselconstructies die het onderliggende idee verder specificeren. Nieuwe zelfstandignaamwoordgroepen die voor het eerst in een publicatie voorkomen, kunnen later terugkeren in geoctrooide technologie.
- ***reuse10_new_phrase_reuse***: Het aantal wetenschappelijke publicaties binnen een bepaalde regio of een bepaald land en jaar dat behoort tot de bovenste 10% van de verdeling van nieuwe zelfstandignaamwoordgroepen, gewogen naar de mate waarin die later worden hergebruikt in patenten. Deze variabele identificeert publicaties die niet alleen veel nieuwe ideeën introduceren, maar waarvan die ideeën ook sterk doorwerken in latere technologische ontwikkeling.
- ***tap_pot***: Het aantal wetenschappelijke publicaties met een hoog ex-ante technologisch potentieel ($\text{compot50} = 1$) dat ook effectief wordt gevaloriseerd, gemeten aan de hand van een plaats in de wereldwijde top 10% voor ofwel patentcitaties ($\text{citation10} = 1$) ofwel het hergebruik van wetenschappelijke ideeën in patenten ($\text{reuse10_new_phrase_reuse} = 1$) binnen een bepaalde regio of een bepaald land en jaar. Een hoge waarde duidt erop dat een aanzienlijk deel van het technologisch veelbelovende onderzoek effectief zijn weg vindt naar technologische toepassingen.

6 Analyse van het technologisch potentieel en valorisatie van wetenschap in Vlaanderen

Dit hoofdstuk presenteert de kernbevindingen van het rapport over het ex-ante technologisch potentieel en de ex-post technologische valorisatie van wetenschappelijk onderzoek in Vlaanderen. Daarbij staan twee vragen centraal. Ten eerste: in welke mate draagt Vlaanderen bij aan de productie van wetenschappelijke publicaties met een hoog technologisch potentieel? Ten tweede: in welke mate vertaalt dat potentieel zich ook effectief in technologische valorisatie?

Het onderscheid tussen beide dimensies is essentieel. Een regio kan immers sterk presteren in het voortbrengen van wetenschappelijke kennis met hoog technologisch potentieel, zonder dat dit potentieel zich in dezelfde mate vertaalt in concrete technologische toepassingen. Omgekeerd kan een sterke valorisatiepositie wijzen op een innovatie-ecosysteem dat erin slaagt wetenschappelijke kennis efficiënt om te zetten in technologie. Door beide dimensies afzonderlijk én in samenhang te analyseren, maakt dit hoofdstuk zichtbaar waar Vlaanderen sterk staat, waar de aansluiting tussen wetenschap en technologie sterk is, en waar mogelijk nog sprake is van onbenut potentieel.

Voor beide dimensies plaatsen we Vlaanderen in een internationaal vergelijkend perspectief. Eerst analyseren we het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde en Europese output van wetenschappelijke publicaties met hoog technologisch potentieel respectievelijk hoge technologische valorisatie. Die maatstaf geeft aan in welke mate Vlaanderen, in absolute termen, bijdraagt aan de internationale productie van technologisch relevante en technologisch gevaloriseerde wetenschap. Vervolgens analyseren we het comparatief voordeel van Vlaanderen aan de hand van de RCA-indicator. Die maatstaf corrigeert voor schaalverschillen tussen landen en regio's en maakt het mogelijk om na te gaan of Vlaanderen zich relatief sterker of zwakker specialiseert in wetenschappelijke publicaties met hoog technologisch potentieel of hoge technologische valorisatie dan andere landen en regio's. Samen bieden beide invalshoeken een complementair beeld van de internationale positie van Vlaanderen.

Alle grafieken in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op vijfjarige voortschrijdende gemiddelden. Elk datapunt geeft dus het gemiddelde weer van het betreffende jaar en de vier voorgaande jaren. Het datapunt voor 2006 weerspiegelt bijvoorbeeld het gemiddelde over de periode 2002–2006. Deze methode maakt het mogelijk om kortetermijnschommelingen af te vlakken en onderliggende trends duidelijker zichtbaar te maken. Dat is vooral relevant voor indicatoren die gebaseerd zijn op relatief kleinere aantallen, zoals patentgebaseerde valorisatie-indicatoren, waarvoor jaarlijkse waarden sterker kunnen fluctueren. Dezelfde werkwijze wordt consequent toegepast in het hele rapport. De onderliggende jaarlijkse gegevens, zonder voortschrijdende gemiddelden, werden afzonderlijk aan VARIO bezorgd, zodat desgewenst ook de ruwe tijdsreeksen en jaar-op-jaar evoluties verder kunnen worden geanalyseerd.

De analyse bestrijkt de periode 2000–2020. Die afbakening is gekozen omdat zij, in combinatie met de geselecteerde indicatoren en benchmarkgroepen, de meest robuuste en representatieve vergelijking mogelijk maakt. Voor de interpretatie van de indicatoren van gerealiseerde technologische valorisatie is daarbij een belangrijke nuance nodig. Deze indicatoren zijn gebaseerd op latere patenten die wetenschappelijke publicaties citeren of wetenschappelijke ideeën eruit hergebruiken. Omdat tussen de publicatie van wetenschappelijke kennis en de zichtbare doorwerking ervan in technologische ontwikkeling doorgaans meerdere jaren liggen, rapporteren we enkel tot en met 2020. Ook binnen die afbakening blijven de tijdsreeksen voor gerealiseerde technologische valorisatie gevoeliger voor schommelingen in de meest recente jaren. Dat geldt in het bijzonder voor de periode 2015–2020. Evoluties op korte termijn in deze recente jaren moeten daarom met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd.

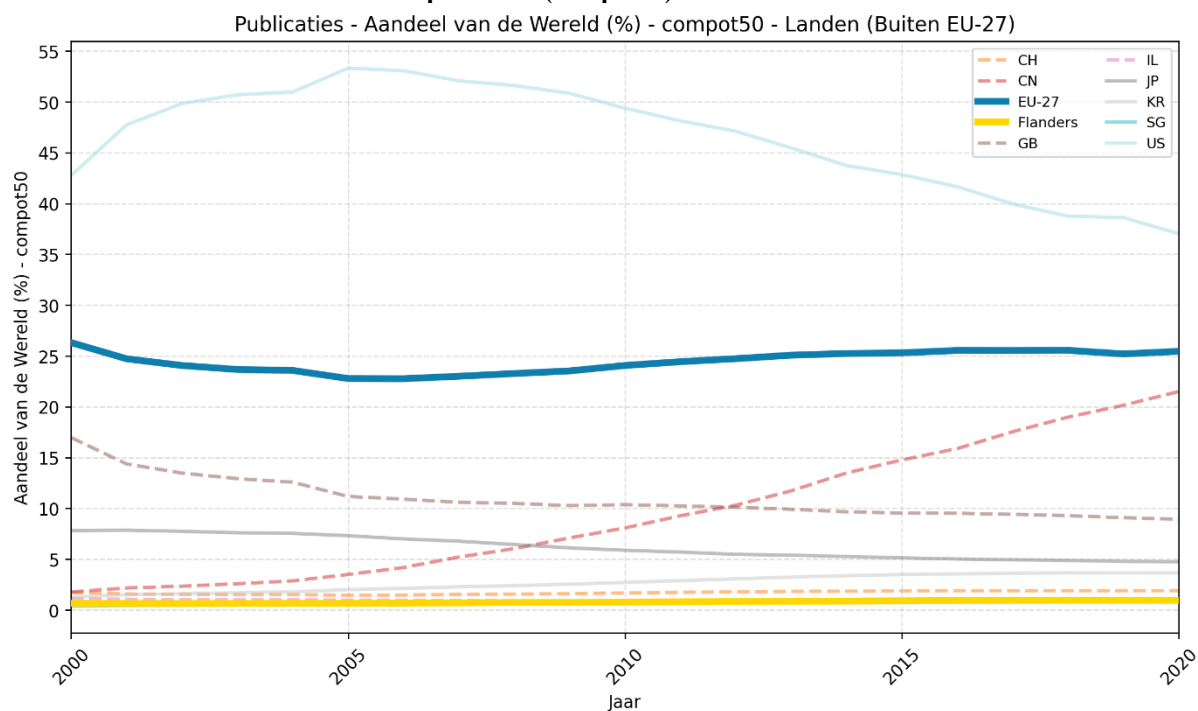
Deze analyse biedt daarmee niet alleen een beschrijving van de positie van Vlaanderen, maar ook een beleidsmatig relevant kader om sterktes, knelpunten en mogelijk onbenut potentieel in het Vlaamse innovatie-ecosysteem scherper in beeld te brengen.

6.1 Technologisch potentieel van wetenschap in Vlaanderen

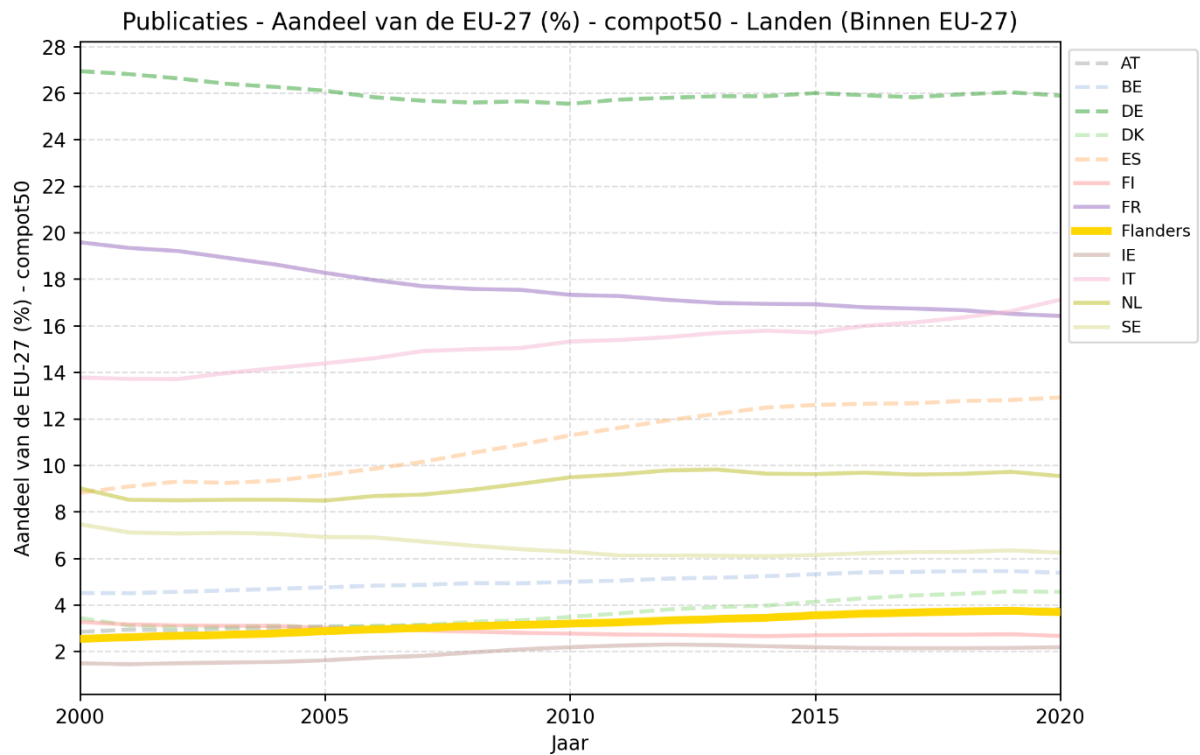
6.1.1 Aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde en Europese publicatieoutput met hoog technologisch potentieel

Tussen 2000 en 2020 heeft Vlaanderen zijn positie in publicaties met hoog technologisch potentieel duidelijk versterkt (Figuur 6.1.1). Het Vlaamse aandeel in de wereldwijde output steeg van 0,66% tot ongeveer 0,95%, en binnen de EU-27 van 2,5% tot 3,6%. Dat is des te opvallender omdat Vlaanderen slechts ongeveer 0,08% van de wereldbevolking en 1,52% van de EU-27-bevolking telt. Bovendien groeide dit aandeel sterker dan Vlaanderen in de algemene wetenschappelijke output, die toenam van 0,53% naar 0,69% wereldwijd en van 2,4% naar 3,2% binnen de EU-27. Vlaanderen is dus niet alleen relatief sterk vertegenwoordigd in wetenschappelijke publicaties met hoog technologisch potentieel, maar heeft die positie over de tijd ook verder versterkt. Zoals Figuur 6.1.1c laat zien, behoort Vlaanderen daarbij op regionaal niveau binnen de EU-27 tot de sterkere benchmarkregio's.

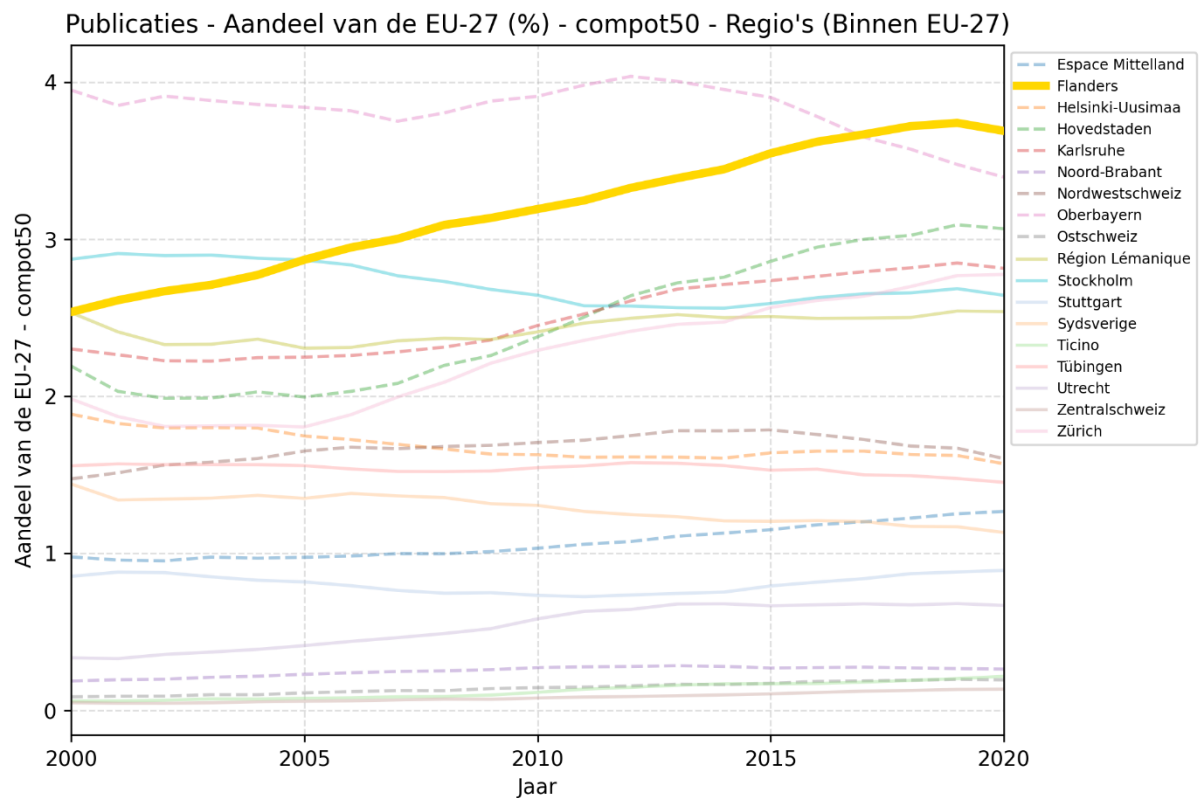
Figuur 6.1.1a: Aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde publicatieoutput met hoog technologisch potentieel (compot50) – Landen



Figuur 6.1.1b: Aandeel van Vlaanderen in de EU-27 publicatieoutput met hoog technologisch potentieel (compot50) – Landen



Figuur 6.1.1c: Aandeel van Vlaanderen in de EU-27 publicatieoutput met hoog technologisch potentieel (compot50) – Regio's



6.1.2 Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoog technologisch potentieel

Voor dit deel van de analyse gebruiken we de indicator van comparatief voordeel (RCA). Deze indicator vormt een belangrijke aanvulling op de analyse op basis van aandelen, omdat hij corrigeert voor schaalverschillen tussen landen en regio's. Daardoor laat de RCA toe om na te gaan of Vlaanderen relatief sterker of zwakker gespecialiseerd is in wetenschappelijke publicaties met hoog technologisch potentieel dan op basis van de referentiegroep verwacht zou worden. Een RCA-score boven 1 wijst op een relatieve specialisatie.

De gebruikte referentiegroep verschilt naargelang de analyse. In Figuur 6.1.2a wordt de RCA van Vlaanderen berekend ten opzichte van de wereld als referentiegroep. In Figuren 6.1.2b en 6.1.2c wordt de RCA van Vlaanderen berekend ten opzichte van de EU-27 als referentiegroep. Beide figuren tonen dus dezelfde EU-27-gebaseerde RCA voor Vlaanderen, maar positioneren Vlaanderen respectievelijk ten opzichte van geselecteerde benchmarklanden (figuur 6.1.2b) en benchmarkregio's (figuur 6.1.2c) binnen Europa.

In vergelijking met de wereld daalde de RCA van Vlaanderen voor publicaties met hoog technologisch potentieel tussen 2000 en 2012 van 1,22 tot net boven 1, zoals weergegeven in Figuur 6.1.2a. Dat wijst op een geleidelijke afname van de relatieve specialisatie. In dezelfde periode nam de RCA in verschillende niet-Europese landen sterk toe, met name in de Verenigde Staten, Singapore, Zuid-Korea en China. Vanaf 2012 keert de trend voor Vlaanderen echter om: de RCA stijgt opnieuw van 1,02 tot 1,11 in 2020. Dat duidt op een hernieuwde versterking van het comparatief voordeel van Vlaanderen in technologisch relevante wetenschappelijke output.

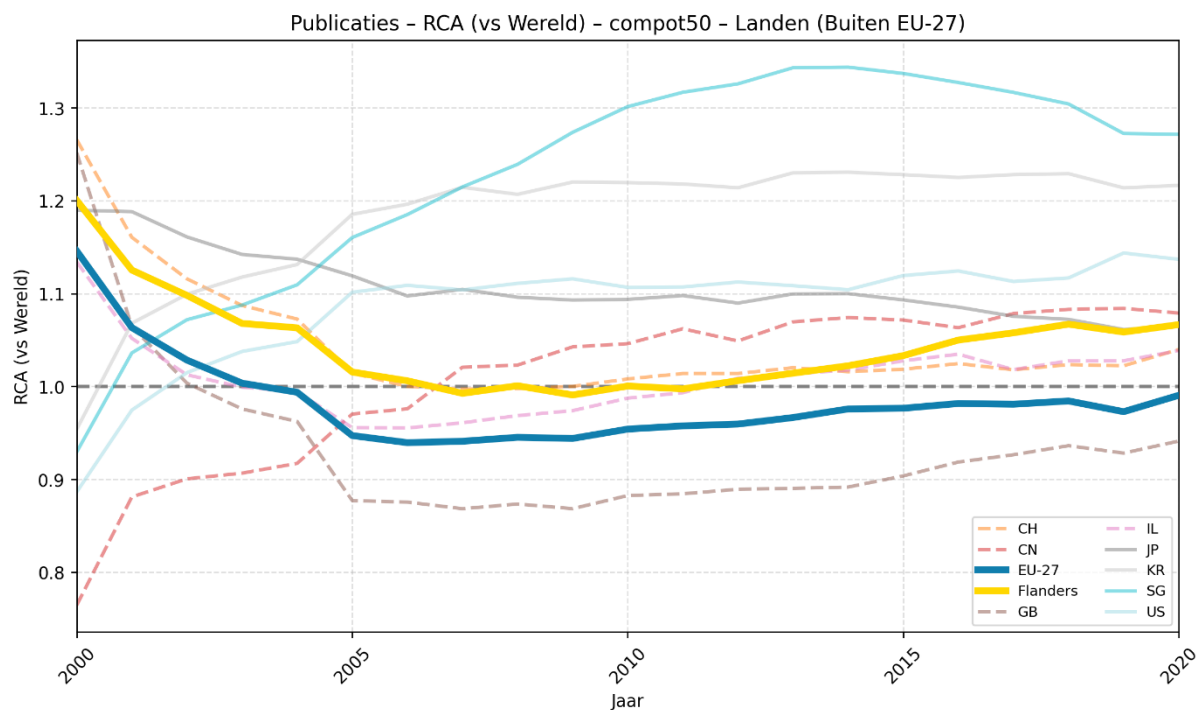
Tegelijk is het relevant dat de RCA van de EU-27 ten opzichte van de wereld sinds 2001 systematisch onder 1 ligt. Dat wijst erop dat een relatief beperkter aandeel van de totale wetenschappelijke output in de EU-27 een hoog technologisch potentieel heeft dan gemiddeld in de rest van de wereld. Tegen die achtergrond is het des te opvallender dat Vlaanderen gedurende de volledige periode systematisch boven het EU-27-gemiddelde blijft. Zoals Figuren 6.1.2b en 6.1.2c tonen, blijft Vlaanderen binnen Europa gedurende de volledige periode boven de grenswaarde van 1. Dat wijst erop dat Vlaanderen niet alleen mondiaal standhoudt, ondanks toenemende concurrentie, maar ook binnen Europa een relatieve specialisatie behoudt in wetenschappelijk onderzoek met hoog technologisch potentieel.

In vergelijking met de Europese benchmarklanden behoort Vlaanderen daarmee consistent tot de best presterende groep, samen met onder meer Duitsland. Ook op regionaal niveau presteert Vlaanderen sterk en behoort het, naast onder meer Tübingen, Karlsruhe en Oberbayern, tot de beter presterende benchmarkregio's.

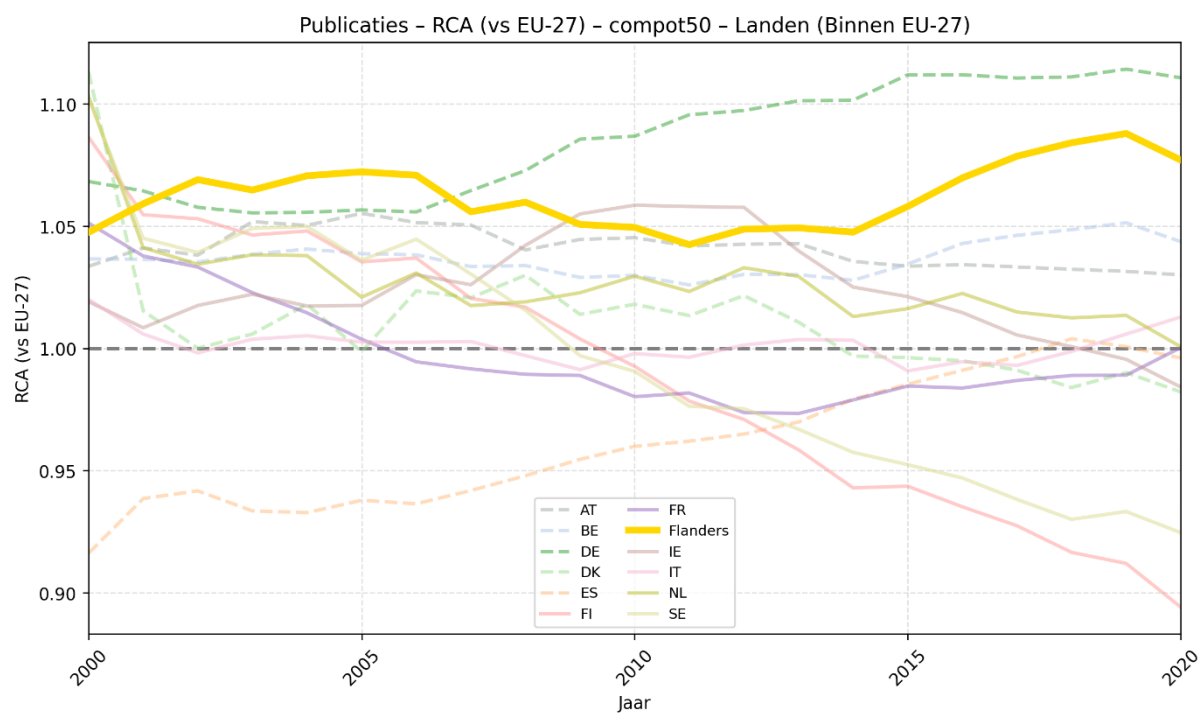
Vanuit beleidsperspectief wijzen deze resultaten erop dat Vlaanderen, ondanks een tijdelijke relatieve verzwakking tussen 2000 en 2012 ten opzichte van de rest van de wereld, over de volledige periode een sterke positie heeft behouden in wetenschappelijke publicaties met hoog

technologisch potentieel en die positie in de meest recente jaren opnieuw heeft versterkt. Die relatieve verzwakking moet bovendien worden begrepen tegen de achtergrond van een duidelijke versterking van het comparatief voordeel van landen zoals de Verenigde Staten, Singapore, Zuid-Korea en China. Samen wijzen deze bevindingen op een duurzame capaciteit van Vlaanderen om onderzoek voort te brengen dat potentieel sterk relevant is voor latere technologische toepassingen. Tegelijk toont de vergelijking met de EU-27 aan dat Vlaanderen zich op deze dimensie positief sterk onderscheidt binnen een Europese context die als geheel relatief zwakker presteert dan de rest van de wereld.

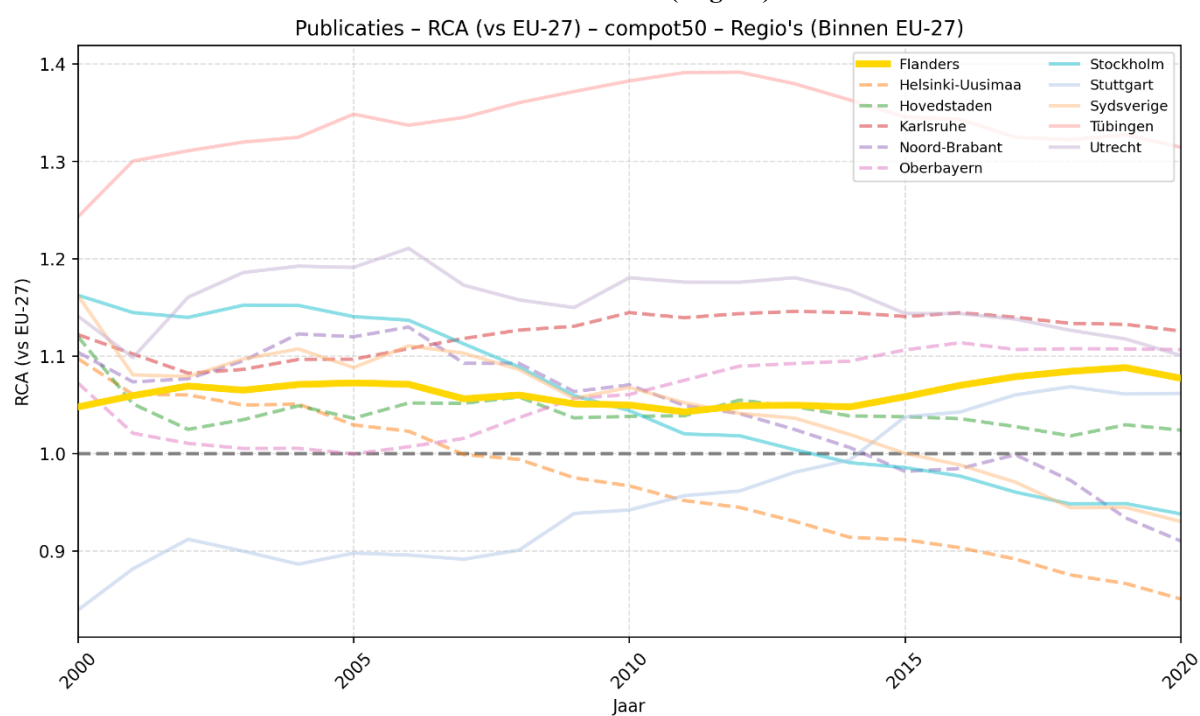
Figuur 6.1.2a: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoog technologisch potentieel: RCA versus Wereld (Landen)



**Figuur 6.1.2b: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoog technologisch potentieel:
RCA versus EU-27 (Landen)**



**Figuur 6.1.2c: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoog technologisch potentieel:
RCA versus EU-27 (Regio's)**



6.2 Technologische valorisatie van Vlaamse wetenschap

6.2.1 Aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde en EU-27-publicatieoutput met hoge technologische valorisatie

Figuren 6.2.1a–c laten zien dat Vlaanderen sterk presteert in publicaties met hoge gerealiseerde technologische valorisatie, gemeten aan de hand van patentcitaten. De algemene boodschap is duidelijk: Vlaanderen doet het niet alleen goed in wetenschappelijke publicaties met hoog technologisch potentieel, maar ook in publicaties die zich daadwerkelijk vertalen in gepatenteerde technologische toepassingen.

Op wereldniveau steeg het aandeel van Vlaanderen in publicaties met hoge gerealiseerde technologische valorisatie van 0,77% in 2000 tot 0,89% in 2020 (Figuur 6.2.1a). Ter vergelijking: het aandeel van Vlaanderen in publicaties met hoog technologisch potentieel nam in dezelfde periode toe van 0,66% tot ongeveer 0,95%. Aangezien Vlaanderen gemiddeld ongeveer 0,6% van de totale wereldwijde wetenschappelijke output vertegenwoordigt, liggen beide aandelen structureel boven het algemene publicatieaandeel. Dat wijst erop dat Vlaanderen internationaal bovengemiddeld presteert, zowel in het voortbrengen van technologisch beloftevolle wetenschap als in wetenschap die effectief doorwerkt in technologische ontwikkeling. Wel valt op dat het Vlaamse aandeel in publicaties met hoge gerealiseerde technologische valorisatie aan het begin van de periode hoger lag dan het aandeel in publicaties met hoog technologisch potentieel, maar in 2020 licht lager uitkomt.

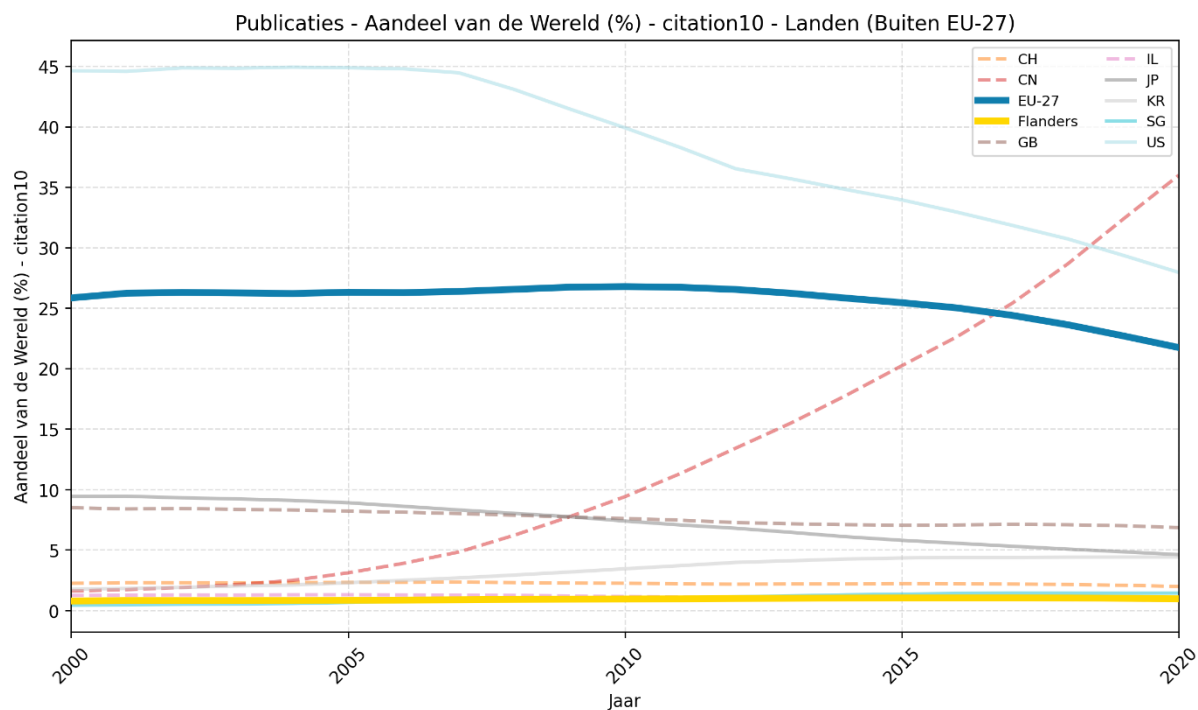
Ook binnen de EU-27 is een duidelijke opwaartse trend zichtbaar. Het aandeel van Vlaanderen in de Europese output van publicaties met hoge gerealiseerde technologische valorisatie steeg van 3,0% in 2000 tot 4,5% in 2020. Ter vergelijking: het aandeel van Vlaanderen in de EU-27-output van publicaties met hoog technologisch potentieel steeg van 2,5% tot 3,6%. Gegeven dat Vlaanderen gemiddeld ongeveer 3% van de totale EU-27-publicatieoutput voor zijn rekening neemt, liggen ook deze aandelen duidelijk boven het basisniveau. Bovendien ligt het Vlaamse aandeel in publicaties met hoge gerealiseerde technologische valorisatie binnen de EU-27 gedurende de hele periode boven het aandeel in publicaties met hoog technologisch potentieel. Dat suggereert dat Vlaanderen binnen Europa niet alleen sterk is in het voortbrengen van technologisch relevante wetenschap, maar vooral ook relatief sterk vertegenwoordigd is in wetenschap die zichtbaar leidt tot technologische valorisatie.

In vergelijking met de benchmarklanden bevindt Vlaanderen zich daarmee op een niveau vergelijkbaar met landen zoals Denemarken en Oostenrijk, zoals weergegeven in Figuur 6.2.1b. Ook op regionaal niveau binnen de EU-27 heeft Vlaanderen zijn positie versterkt. Figuur 6.2.1c toont dat Vlaanderen behoort tot de leidende benchmarkregio's.

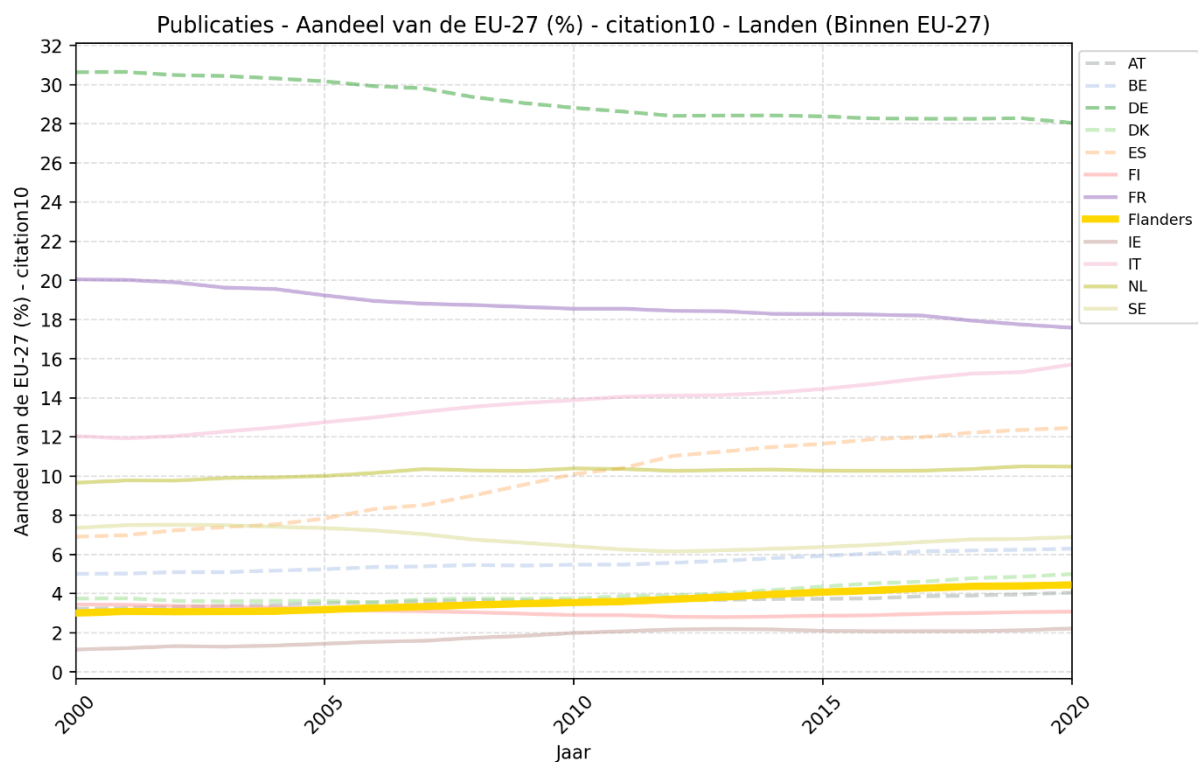
Vanuit beleidsperspectief is dit een positief signaal. De resultaten wijzen erop dat Vlaanderen niet alleen sterk presteert in het voortbrengen van wetenschappelijke publicaties met hoog

technologisch potentieel, maar ook relatief sterk vertegenwoordigd is in publicaties die zich effectief vertalen in technologische valorisatie.

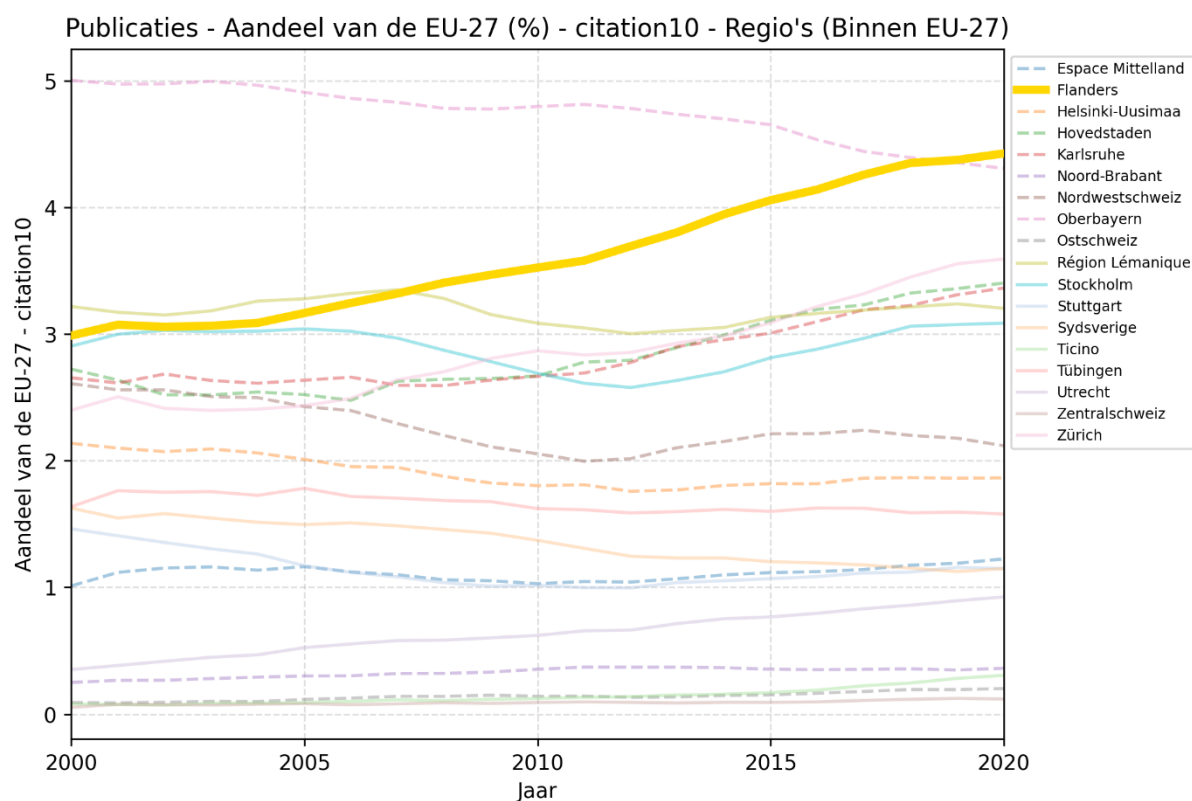
Figuur 6.2.1a: Aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde publicatieoutput met hoge technologische valorisatie (citation10) – Landen



Figuur 6.2.1b: Aandeel van Vlaanderen in de EU-27 publicatieoutput met hoge technologische valorisatie (citation10) – Landen



Figuur 6.2.1c: Aandeel van Vlaanderen in de EU-27 publicatieoutput met hoge technologische valorisatie (citation10) – Regio's



Een gelijkaardig, en binnen Europa zelfs nog uitgesprokener, patroon komt naar voren wanneer we de alternatieve indicator voor gerealiseerde technologische valorisatie gebruiken, gebaseerd op het hergebruik van wetenschappelijke ideeën in patenten (Figuren 6.2.1d–f). Ook volgens deze maatstaf versterkt Vlaanderen dus zijn positie: niet alleen via zichtbare kennisdoorwerking in de vorm van patentcitaten, maar ook via een bredere inhoudelijke doorwerking van wetenschappelijke ideeën in technologische ontwikkeling.

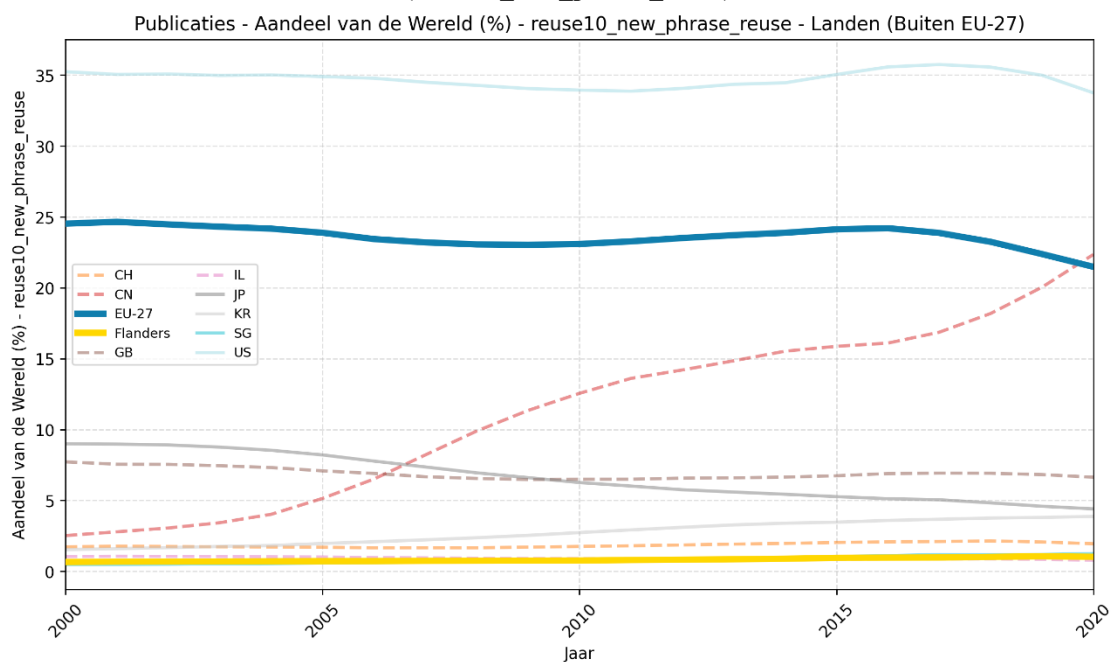
Op wereldniveau steeg het aandeel van Vlaanderen in de output van publicaties met hoge technologische valorisatie volgens deze alternatieve maatstaf van 0,65% in 2000 tot 0,88% in 2020 (Figuur 6.2.1d). Die stijging bevestigt dat Vlaanderen ook op basis van deze indicator terrein wint. Tegelijk laat de wereldvergelijking zien dat de mondiale dynamiek in toenemende mate wordt bepaald door de opmars van grote niet-Europese spelers, in het bijzonder China. Daardoor is de internationale context vandaag competitiever dan aan het begin van de periode.

Binnen de EU-27 is het beeld duidelijk gunstiger voor Vlaanderen. Zoals Figuur 6.2.1e toont, stijgt het Vlaamse aandeel in de Europese output van publicaties met hoge technologische valorisatie van 2,6% in 2000 tot 4,4% in 2020. Vlaanderen wint daarmee duidelijk terrein binnen Europa. Die stijging bevestigt dat Vlaanderen niet alleen sterk staat in technologisch relevante wetenschap, maar ook relatief sterk vertegenwoordigd is in publicaties waarvan de onderliggende ideeën later effectief terugkeren in patenten.

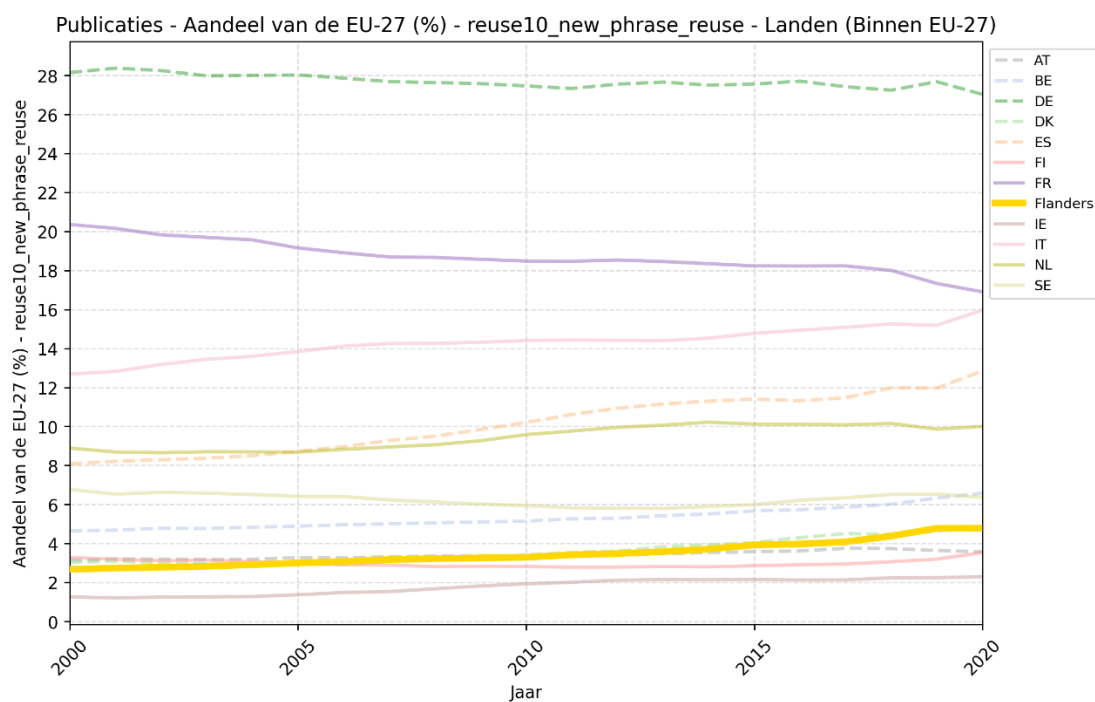
Ook op regionaal niveau is het Vlaamse profiel sterk. Figuur 6.2.1f laat zien dat Vlaanderen over de volledige periode gestaag stijgt en in de meest recente jaren tot de absolute kopgroep van benchmarkregio's behoort. Vlaanderen nadert eerst de leidende regio's en overtreft in de laatste jaren zelfs enkele traditionele topregio's. Dat is beleidsmatig bijzonder relevant, omdat het erop wijst dat Vlaanderen niet alleen technologisch beloftevolle wetenschap voortbrengt, maar ook wetenschap waarvan de ideeën in sterke mate worden opgepikt in latere technologische ontwikkeling.

Vanuit beleidsperspectief versterken deze resultaten de eerdere bevindingen op basis van patentcitaten. Ze suggereren dat Vlaanderen niet alleen goed scoort op klassieke, direct zichtbare kennisdoorwerking via citaties, maar ook op een bredere en inhoudelijk rijkere maatstaf van valorisatie, namelijk het hergebruik van wetenschappelijke ideeën in patenten. Dat is een positief signaal voor de kwaliteit en technologische relevantie van Vlaamse wetenschap. Tegelijk maakt vooral de wereldvergelijking duidelijk dat Vlaanderen opereert in een internationale context waarin de relatieve opmars van grote niet-Europese spelers zeer sterk is. Voor het beleid betekent dit dat een sterke positie binnen Europa belangrijk is, maar niet volstaat: ook de mondiale positionering van Vlaamse wetenschap blijft een belangrijk aandachtspunt.

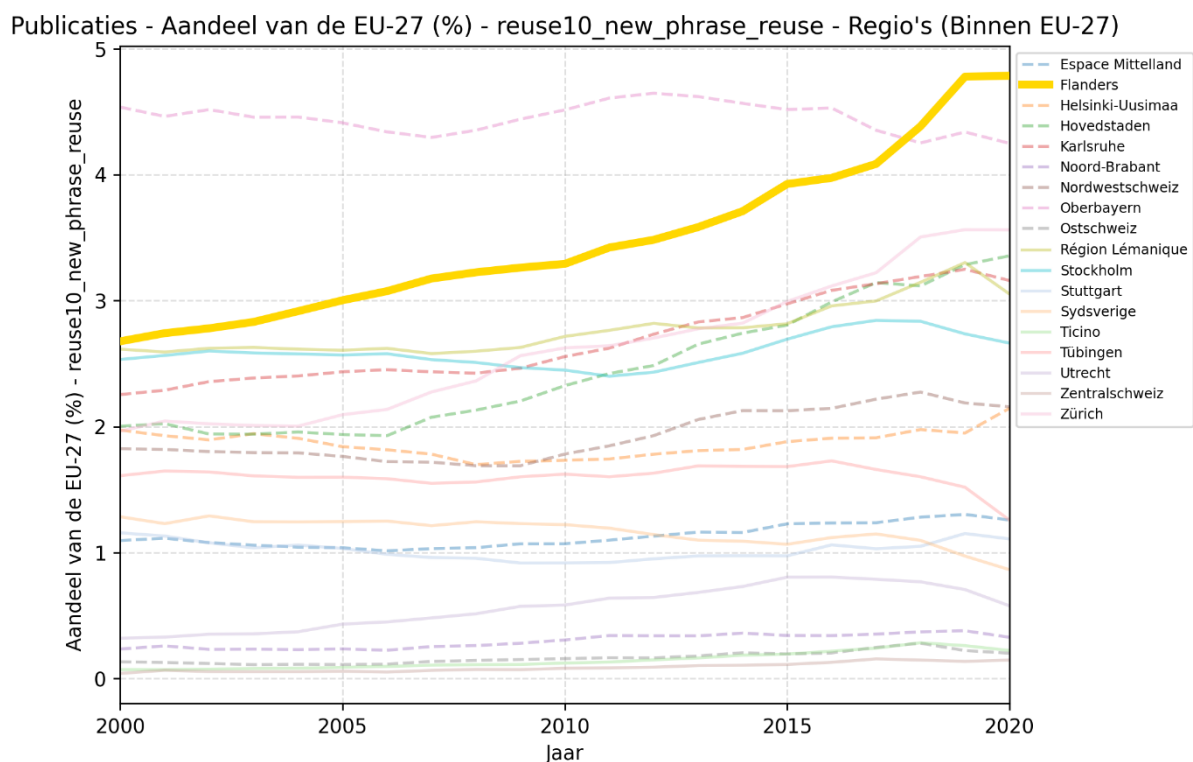
Figuur 6.2.1d: Aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde publicatieoutput met hoge technologische valorisatie (reuse10_new_phrase_reuse) – Landen



Figuur 6.2.1e: Aandeel van Vlaanderen in de EU-27 publicatieoutput met hoge technologische valorisatie (reuse10_new_phrase_reuse) – Landen



Figuur 6.2.1f: Aandeel van Vlaanderen in de EU-27 publicatieoutput met hoge technologische valorisatie (reuse10_new_phrase_reuse) – Regio's



6.2.2 Comparatief voordeel van Vlaanderen in de wereldwijde en EU-27-publicatieoutput met hoge technologische valorisatie

Figuren 6.2.2a–c tonen het comparatief voordeel van Vlaanderen in publicaties met hoge gerealiseerde technologische valorisatie, gemeten via patentcitaten en uitgedrukt met de RCA-indicator. Zoals in de vorige sectie corrigeert deze indicator voor schaalverschillen. Een waarde boven 1 betekent dat Vlaanderen relatief sterker gespecialiseerd is dan de referentiegroep. Figuur 6.2.2a vergelijkt Vlaanderen met de wereld, Figuren 6.2.2b en 6.2.2c tonen dezelfde EU-27-gebaseerde RCA van Vlaanderen in vergelijking met respectievelijk benchmarklanden en benchmarkregio's binnen Europa.

De hoofdboodschap is duidelijk: Vlaanderen heeft gedurende de volledige periode een comparatief voordeel in publicaties met hoge technologische valorisatie, zowel wereldwijd als binnen Europa.

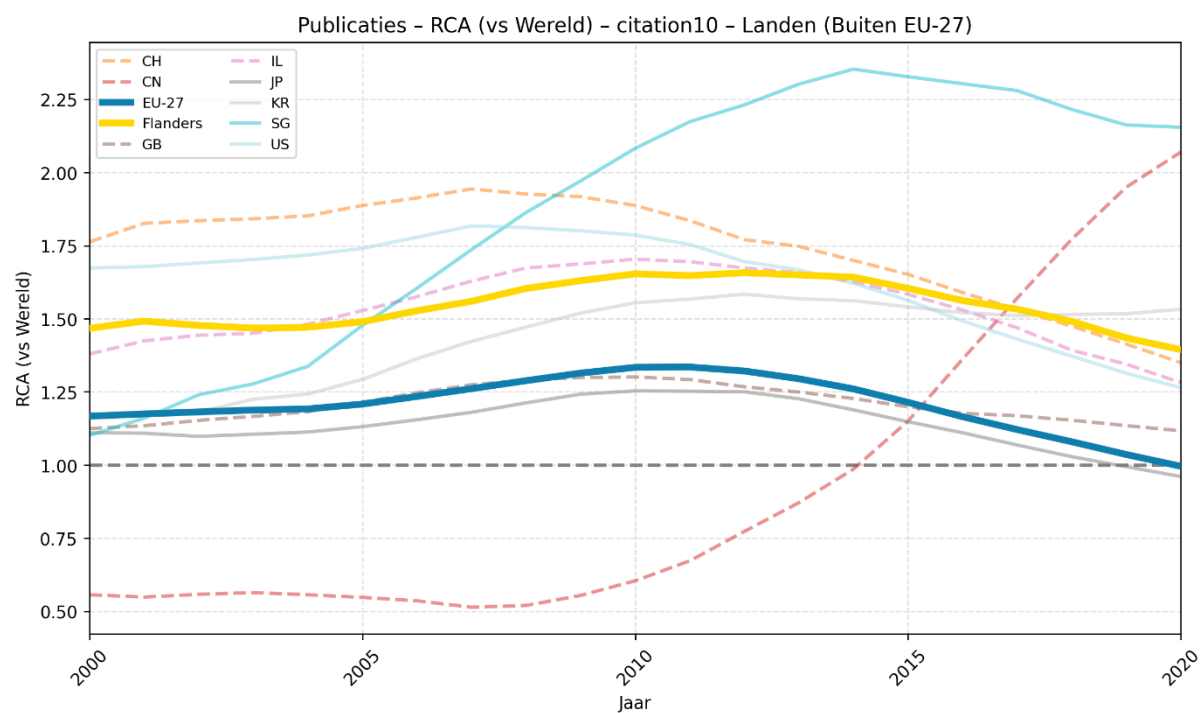
Ten opzichte van de wereld ligt de RCA van Vlaanderen over de volledige periode duidelijk boven 1 (Figuur 6.2.2a). De indicator stijgt van ongeveer 1,47 in 2000 naar een piek van ongeveer 1,66 rond 2010–2013, en daalt daarna geleidelijk tot ongeveer 1,28 in 2020. Vlaanderen behoudt dus ook op het einde van de periode een duidelijk comparatief voordeel. Tegelijk laat de figuur zien dat vooral China in de meest recente jaren zeer sterk opkomt en internationaal de concurrentiedruk vergroot.

Binnen de EU-27 is het beeld nog gunstiger. Figuur 6.2.2b toont dat de EU-27-gebaseerde RCA van Vlaanderen gedurende de volledige periode ruim boven 1 ligt en vanaf 2010 verder stijgt, van ongeveer 1,24 naar ongeveer 1,41 in 2020. In de meest recente jaren behoort Vlaanderen daarmee tot de best presterende landen binnen de vergelijking. Ook op regionaal niveau blijft Vlaanderen sterk presteren: in Figuur 6.2.2c behoort het in de meest recente jaren tot de best presterende benchmarkregio's, zij het nog achter enkele uitgesproken topregio's zoals Utrecht, Tübingen en Oberbayern.

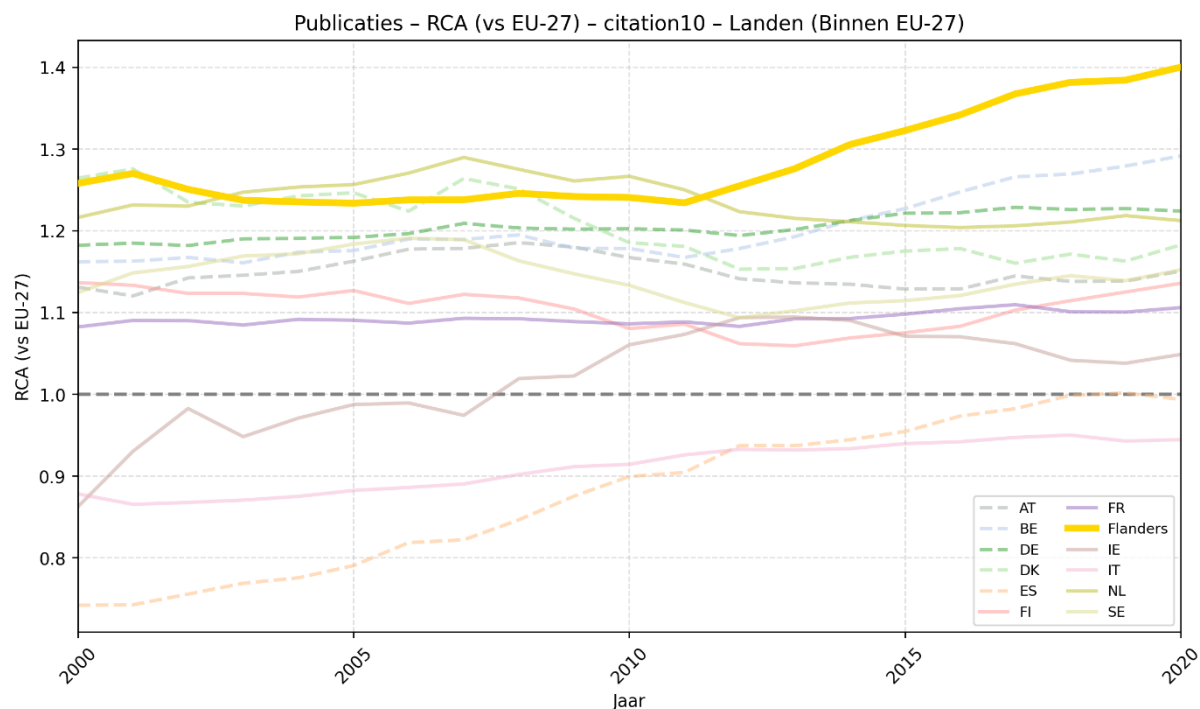
In vergelijking met de eerdere analyse van hoog technologisch potentieel is dit resultaat belangrijk. Daar bleef Vlaanderen ook systematisch boven 1, maar was het comparatief voordeel t.o.v. de wereld en de EU-27 beperkter en minder uitgesproken. Bij gerealiseerde technologische valorisatie ligt de RCA van Vlaanderen duidelijk hoger. Dat suggereert dat Vlaanderen niet alleen relatief sterk is in het voortbrengen van technologisch beloftevolle wetenschap, maar nog sterker in wetenschap die zich ook effectief vertaalt in latere gepatenteerde technologie.

Vanuit beleidsperspectief is dat een positief signaal. Vlaanderen beschikt niet alleen over een comparatief voordeel in technologisch potentieel onderzoek, maar ook in de feitelijke technologische doorwerking daarvan. Tegelijk tonen de grafieken dat Vlaanderen opereert in een zeer competitieve internationale omgeving, met sterke opmars van vooral China.

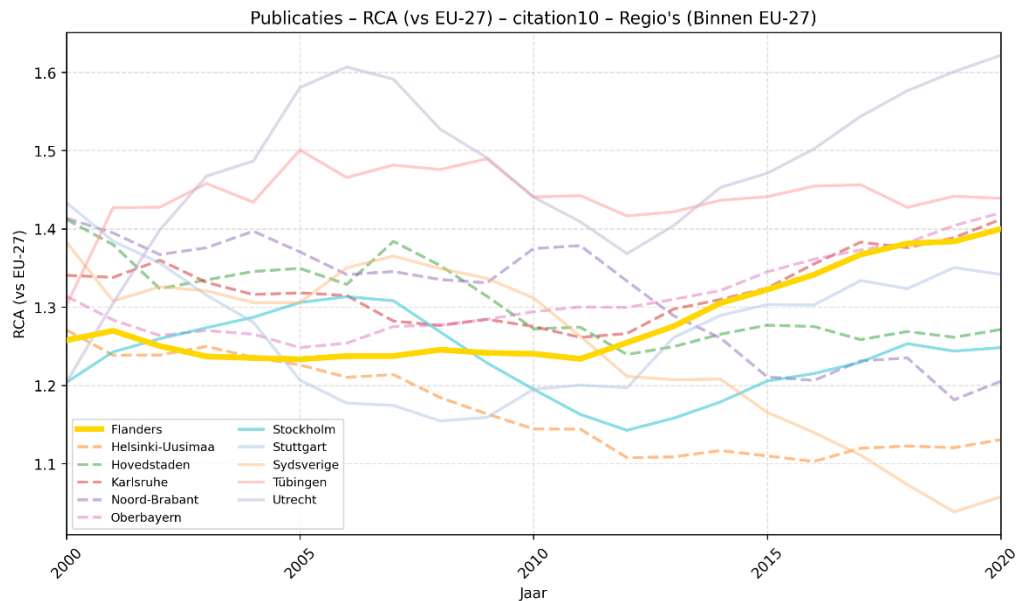
Figuur 6.2.2a: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoge technologische valorisatie (citation10): RCA versus Wereld (Landen)



Figuur 6.2.2b: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoge technologische valorisatie (citation10): RCA versus EU-27 (Landen)



Figuur 6.2.2c: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoge technologische valorisatie (citation10): RCA versus EU-27 (Regio's)



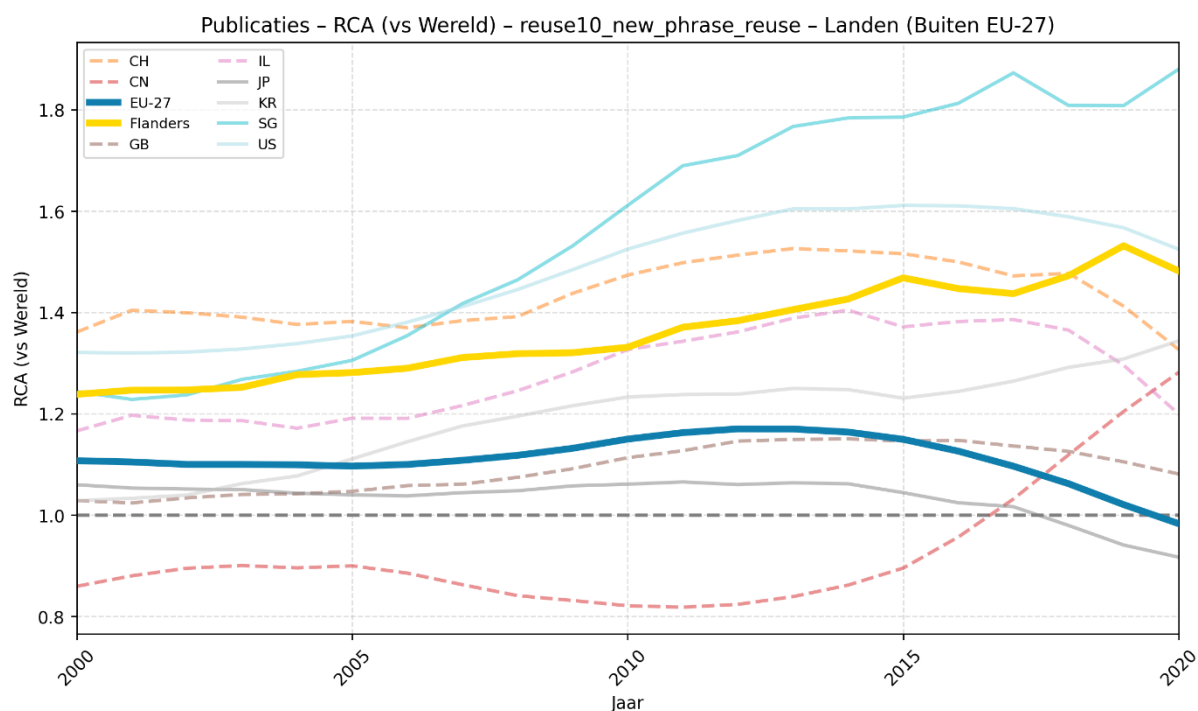
Een gelijkaardig patroon komt naar voren wanneer we de alternatieve indicator voor hoge gerealiseerde technologische valorisatie gebruiken, gebaseerd op het hergebruik van wetenschappelijke ideeën in patenten (Figuren 6.2.2d–f). Ook volgens deze maatstaf heeft Vlaanderen gedurende de volledige periode een duidelijk comparatief voordeel.

Ten opzichte van de wereld blijft de RCA van Vlaanderen over de volledige periode boven 1 (Figuur 6.2.2d). De evolutie is bovendien overwegend stijgend, wat wijst op een versterking van het comparatief voordeel van Vlaanderen in publicaties waarvan wetenschappelijke ideeën later in patenten worden hergebruikt. Vlaanderen behoort daarmee wereldwijd tot de relatief sterk presterende landen, op een niveau vergelijkbaar met de Verenigde Staten.

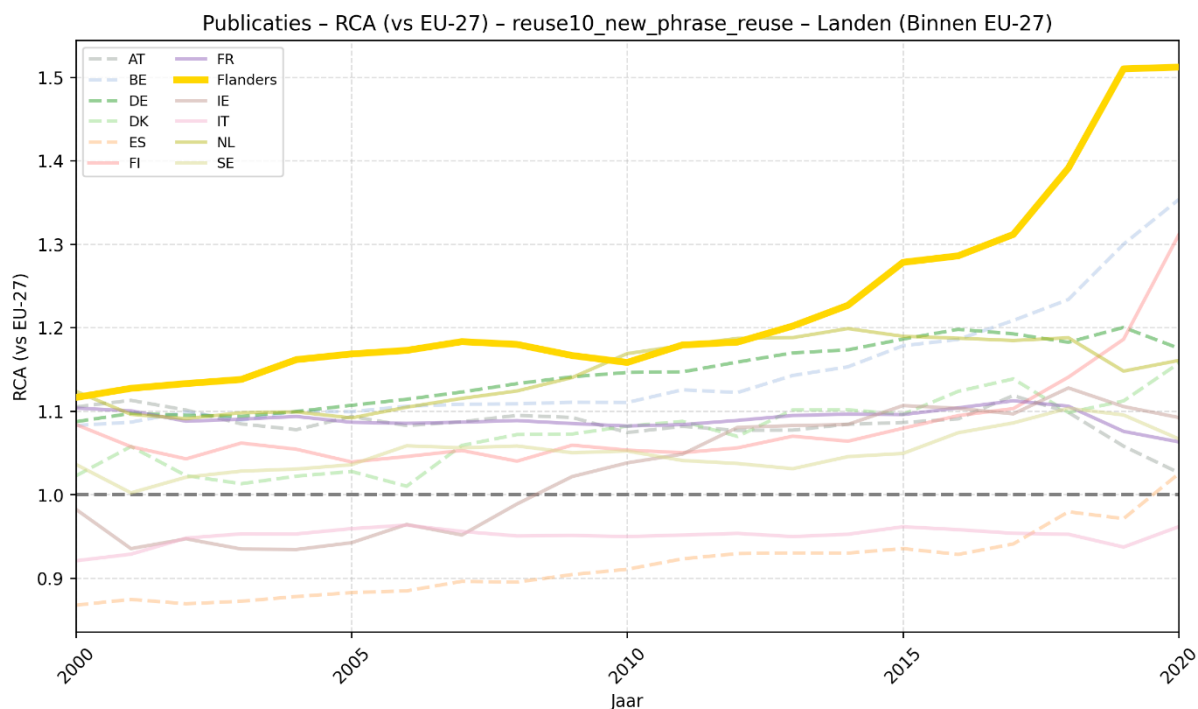
Binnen de EU-27 is het beeld nog sterker. Figuur 6.2.2e toont dat de EU-27-gebaseerde RCA van Vlaanderen gedurende de volledige periode boven 1 ligt en in de meest recente jaren duidelijk toeneemt. Vlaanderen behoort daarmee tot de best presterende landen binnen de vergelijking en neemt in de laatste jaren zelfs een koppositie in. Ook op regionaal niveau binnen Europa blijft Vlaanderen sterk presteren. Zoals Figuur 6.2.2f laat zien, stijgt de RCA van Vlaanderen op langere termijn ook ten opzichte van de benchmarkregio's.

Vanuit beleidsperspectief bevestigen deze resultaten het beeld uit de analyse op basis van patentcitaten. Vlaanderen presteert niet alleen relatief sterk in wetenschappelijk onderzoek met zichtbare technologische valorisatie via patentcitaten, maar ook op een bredere en inhoudelijk rijkere maatstaf van valorisatie, namelijk het hergebruik van wetenschappelijke ideeën in patenten. Dat is een belangrijk positief signaal voor de kwaliteit en technologische relevantie van Vlaamse wetenschap.

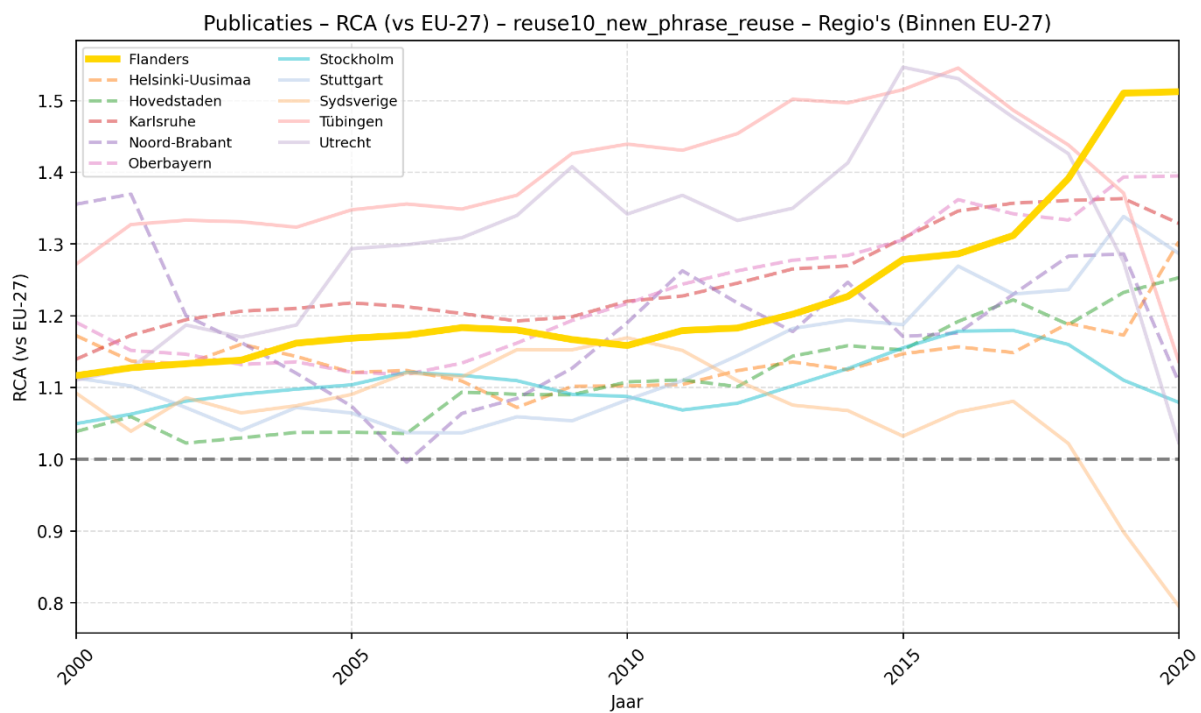
Figuur 6.2.2d: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoge technologische valorisatie (reuse10_new_phrase_reuse): RCA versus Wereld (Landen)



Figuur 6.2.2e: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoge technologische valorisatie (reuse10_new_phrase_reuse): RCA versus EU-27 (Landen)



Figuur 6.2.2f: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoge technologische valorisatie (reuse10_new_phrase_reuse): RCA versus EU-27 (Regio's)



6.3 Internationale benchmarking van Vlaanderen per domein

Dit deel van de analyse brengt de relatieve sterkte van Vlaanderen in kaart in een mondiale context, uitgesplitst naar afzonderlijke domeinen. Daarvoor gebruiken we 38 domeinen die aansluiten bij de strategische prioriteiten van Vlaanderen en eerder ook werden gehanteerd in het VARIO-adviesrapport *Strategic Choices for Flanders*. Via een koppeling met de OpenAlex-classificatie kunnen publicaties wereldwijd — zowel van Vlaamse als van niet-Vlaamse auteurs — op een consistente manier aan deze domeinen worden toegewezen.

Om de prestaties van Vlaanderen binnen elk domein te beoordelen, gebruiken we opnieuw dezelfde twee maatstaven. Ten eerste bekijken we het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde output van publicaties met een hoog ex-ante technologisch potentieel, respectievelijk een hoge technologische valorisatie, binnen dat domein. Ten tweede berekenen we het comparatief voordeel van Vlaanderen binnen elk domein. Beide indicatoren worden opnieuw per jaar berekend, zodat ook de evolutie van Vlaanderen doorheen de tijd zichtbaar wordt.

Deze benadering verschilt van die in de voorgaande hoofdstukken. Daar werd geen rekening gehouden met de mate waarin regio's gespecialiseerd zijn in bepaalde wetenschappelijke domeinen. Daardoor kan een regio in algemene analyses sterk scoren op technologisch potentieel of valorisatie, louter omdat zij relatief actief is in domeinen die wereldwijd een hoger technologisch potentieel of een hogere valorisatie kennen. In dit hoofdstuk analyseren we de prestaties daarom telkens binnen de grenzen van een specifiek domein. Zo abstraheren we van verschillen tussen domeinen in hun gemiddeld technologisch potentieel en valorisatie, en kunnen we de positie van Vlaanderen beter beoordelen binnen elk domein afzonderlijk.

In de onderstaande figuren worden de domeinen telkens gerangschikt volgens hun belang in de Vlaamse wetenschappelijke output, gemeten aan de hand van het totale aantal publicaties over de periode 2000–2020.

6.3.1 Technologisch potentieel van wetenschap in Vlaanderen per domein

Figuren 6.3.1a–b tonen voor elk domein twee complementaire indicatoren. Figuur 6.3.1a geeft het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde publicaties met hoog technologisch potentieel weer en zegt daarmee iets over de absolute internationale aanwezigheid van Vlaanderen. Figuur 6.3.1b toont de RCA-indicator ten opzichte van het wereldgemiddelde en laat dus zien in welke domeinen Vlaanderen relatief meer of minder gespecialiseerd is in onderzoek met hoog technologisch potentieel. De domeinen zijn gerangschikt volgens hun belang binnen de Vlaamse wetenschappelijke output, gemeten aan de hand van het totale aantal Vlaamse publicaties in het domein over de periode 2000–2020.

De figuren tonen dat Vlaanderen in een aantal domeinen een duidelijke internationale aanwezigheid heeft in publicaties met hoog technologisch potentieel. Dat geldt vooral voor Semiconductors en Microelectronics, waar het Vlaamse aandeel over een lange periode hoog

blijft. Ook Biotechnology kent, vooral in het begin van de periode, een relatief sterk Vlaams aandeel. Daarnaast is in enkele domeinen een meer recente stijging zichtbaar, met name bijvoorbeeld in Immunotherapy en Waste Management. Figuur 6.3.1a wijst dus in de eerste plaats op domeinen waarin Vlaanderen in absolute termen een zichtbare plaats inneemt in de mondiale output.

De RCA-figuur laat tegelijk zien dat een hoog aandeel niet automatisch betekent dat Vlaanderen in dat domein ook relatief sterk gespecialiseerd is. Dat onderscheid blijft belangrijk. Tegelijk blijkt uit de gegevens dat Semiconductors en Microelectronics niet alleen internationaal zichtbaar zijn, maar ook in termen van hoog technologisch potentieel doorgaans een RCA boven 1 behalen. Vlaanderen is in deze domeinen dus niet enkel zichtbaar in absolute termen, maar ook relatief sterker vertegenwoordigd dan het wereldgemiddelde, zij het meestal in gematigde mate. Bij Biotechnology is het beeld genuanceerder: het Vlaamse aandeel ligt er relatief hoog, maar de RCA blijft over grote delen van de periode dicht bij of onder 1.

Daarnaast zijn er domeinen waarin Vlaanderen, ondanks een beperktere omvang, een duidelijk comparatief voordeel laat zien. Vooral Advanced Manufacturing springt in het oog, met in meerdere jaren RCA-waarden die duidelijk boven 1 liggen. Ook Food Technology laat over een groot deel van de periode een uitgesproken relatieve sterkte zien. Waste Management valt vooral op in recentere jaren, wanneer zowel het Vlaamse aandeel als de RCA duidelijk toenemen.

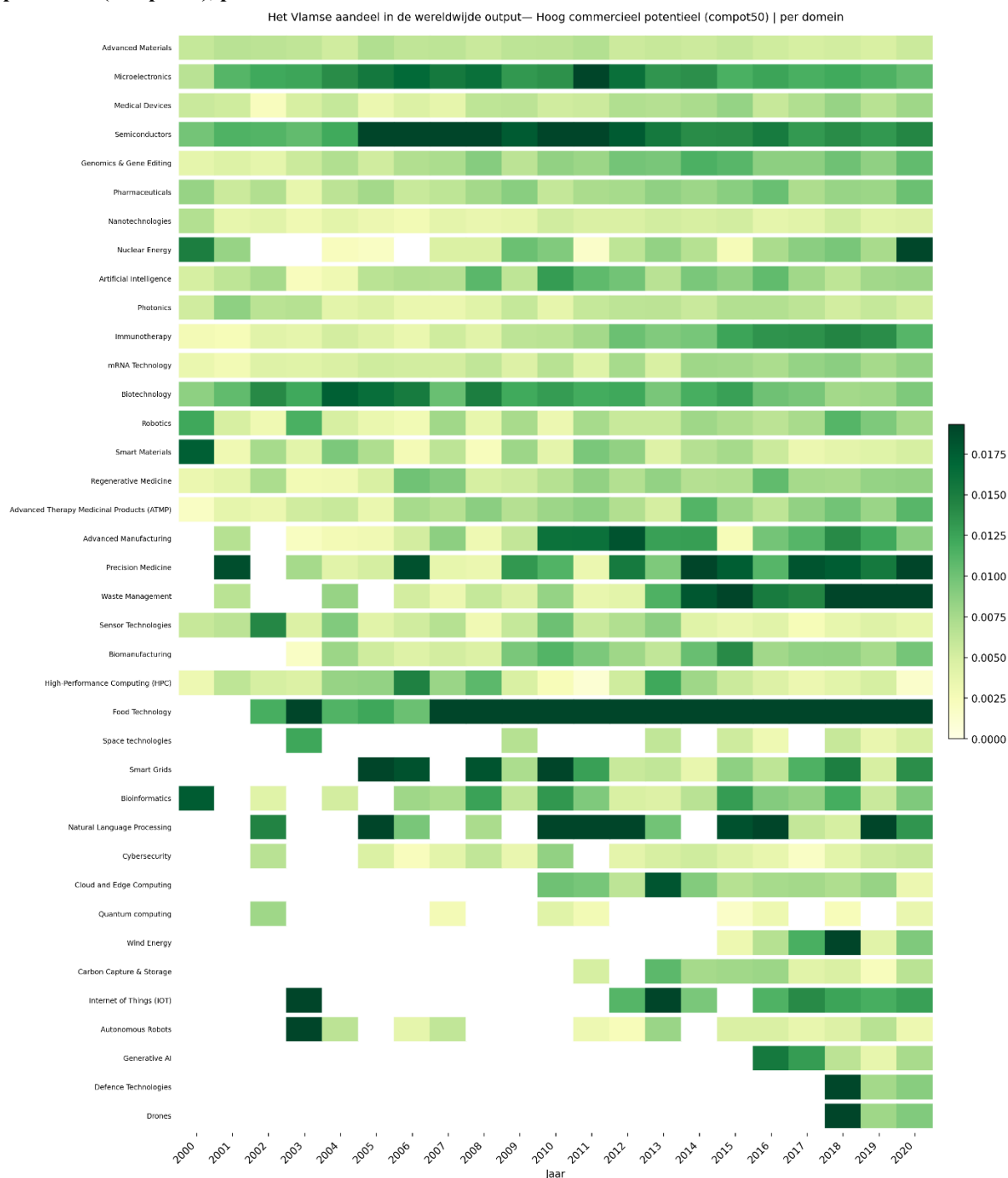
Een ander belangrijk patroon is dat enkele domeinen doorheen de tijd aan kracht winnen. Immunotherapy laat niet alleen een stijgend Vlaams aandeel zien, maar bereikt ook in recente jaren vaker RCA-waarden rond of boven 1. Ook Advanced Manufacturing en Waste Management versterken hun relatieve positie in de latere periode. Dat wijst erop dat Vlaanderen zich in deze domeinen geleidelijk sterker positioneert in onderzoek met hoog technologisch potentieel.

Daartegenover staan domeinen waarin de relatieve positie van Vlaanderen beperkter blijft. Nuclear Energy is daarvan het duidelijkste voorbeeld: hoewel Vlaanderen er in sommige jaren wel een zichtbaar aandeel heeft, blijft de RCA over grote delen van de periode onder 1. Ook Advanced Materials vertoont over de hele periode eerder een positie rond het wereldgemiddelde dan een uitgesproken comparatief voordeel.

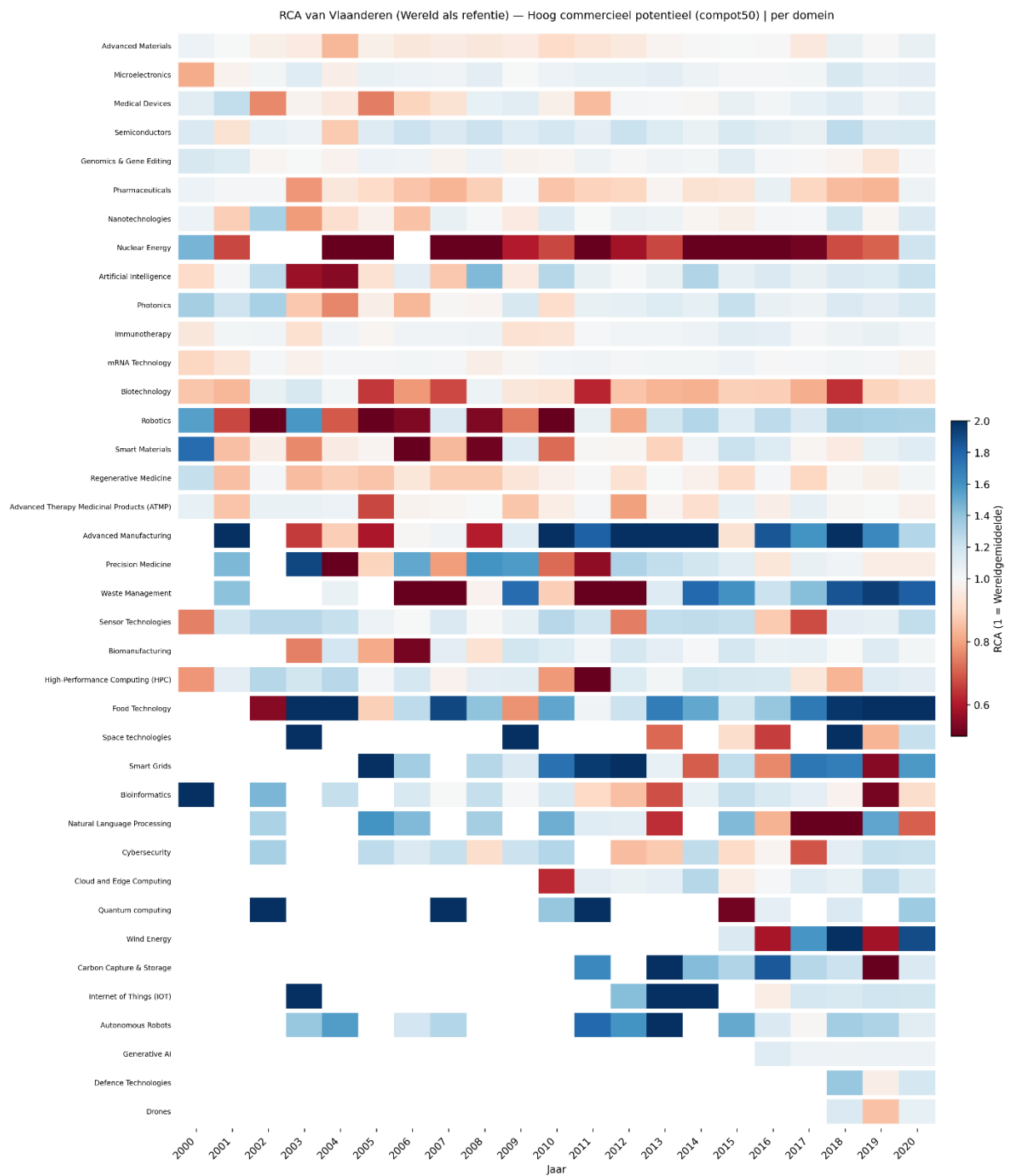
De belangrijkste beleidsboodschap is dan ook dat absolute internationale aanwezigheid en comparatief voordeel niet volledig samenvallen, maar elkaar wel aanvullen. Sommige domeinen, zoals Semiconductors en Microelectronics, combineren beide: Vlaanderen heeft er zowel een zichtbaar aandeel in de mondiale output als een RCA die meestal boven 1 ligt. Andere domeinen, zoals Advanced Manufacturing, Food Technology en in recentere jaren Waste Management, vallen vooral op door hun uitgesproken relatieve sterkte. Voor beleid is het daarom belangrijk om beide dimensies samen te bekijken: niet alleen waar Vlaanderen

zichtbaar aanwezig is, maar ook waar het zich bovengemiddeld sterk specialiseert in onderzoek met hoog technologisch potentieel.

Figuur 6.3.1a: Het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde publicaties met hoog technologisch potentieel (compot50), per domein



Figuur 6.3.1b: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoog technologisch potentieel (compot50): RCA versus wereld (Landen), per domein



6.3.2 Technologische valorisatie van wetenschap in Vlaanderen per domein

Figuren 6.3.2a–b tonen voor elk domein opnieuw twee complementaire indicatoren, maar nu voor publicaties met hoge technologische valorisatie, gemeten via patentcitaten. Figuur 6.3.2a geeft het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde publicaties met hoge technologische valorisatie weer en zegt dus iets over de absolute internationale aanwezigheid van Vlaanderen in elk domein. Figuur 6.3.2b toont de RCA-indicator ten opzichte van het wereldgemiddelde en laat zien in welke domeinen Vlaanderen relatief meer of minder gespecialiseerd is dan verwacht op basis van het globale gemiddelde. Beide figuren samen maken het dus mogelijk om een onderscheid te maken tussen domeinen waarin Vlaanderen vooral internationaal zichtbaar is en domeinen waarin Vlaanderen ook een uitgesproken comparatief voordeel heeft.

De figuren tonen in de eerste plaats dat Vlaanderen in een aantal domeinen een duidelijke en vaak duurzame internationale aanwezigheid heeft in publicaties die later technologisch worden benut. Dat geldt vooral voor Microelectronics en Semiconductors, waar het Vlaamse aandeel in de wereldwijde output over bijna de volledige periode hoog blijft. Ook Biotechnology kent, vooral in het begin van de periode, een relatief sterk Vlaams aandeel. Daarnaast is in verschillende domeinen een meer recente toename zichtbaar, met name in Immunotherapy, Precision Medicine en Waste Management. Figuur 6.3.2a wijst dus in de eerste plaats op domeinen waarin Vlaanderen in absolute termen een zichtbare plaats inneemt binnen wetenschappelijk onderzoek dat later in technologie wordt opgenomen.

De RCA-figuur laat tegelijk zien dat deze absolute aanwezigheid niet automatisch samenvalt met relatieve specialisatie. Toch blijkt uit de gegevens dat beide dimensies in enkele domeinen wel degelijk samenkomen. In Microelectronics en vooral Semiconductors is Vlaanderen niet alleen duidelijk zichtbaar in absolute termen, maar behaalt het in veel jaren ook RCA-waarden boven 1, vaak zelfs duidelijk boven 1. Deze domeinen combineren dus een aanzienlijk internationaal gewicht met een uitgesproken relatieve sterkte in wetenschappelijk onderzoek dat later technologisch wordt gevaloriseerd.

Tegelijk valt op dat Vlaanderen in de ex-postanalyse van technologische valorisatie in veel domeinen een RCA boven 1 bereikt. Dat patroon is breder en vaak ook sterker dan in de analyse van ex-ante technologisch potentieel. In meerdere domeinen ligt de RCA voor hoge technologische valorisatie duidelijk hoger dan de RCA voor hoog technologisch potentieel. Dat suggereert dat Vlaanderen in verschillende domeinen niet alleen aanwezig is in onderzoek met potentieel technologisch belang, maar ook relatief sterk scoort in onderzoek dat later effectief door technologie wordt opgepikt. Met andere woorden: de relatieve positie van Vlaanderen lijkt in deze ex-postindicator in verschillende domeinen sterker dan in de ex-ante-indicator.

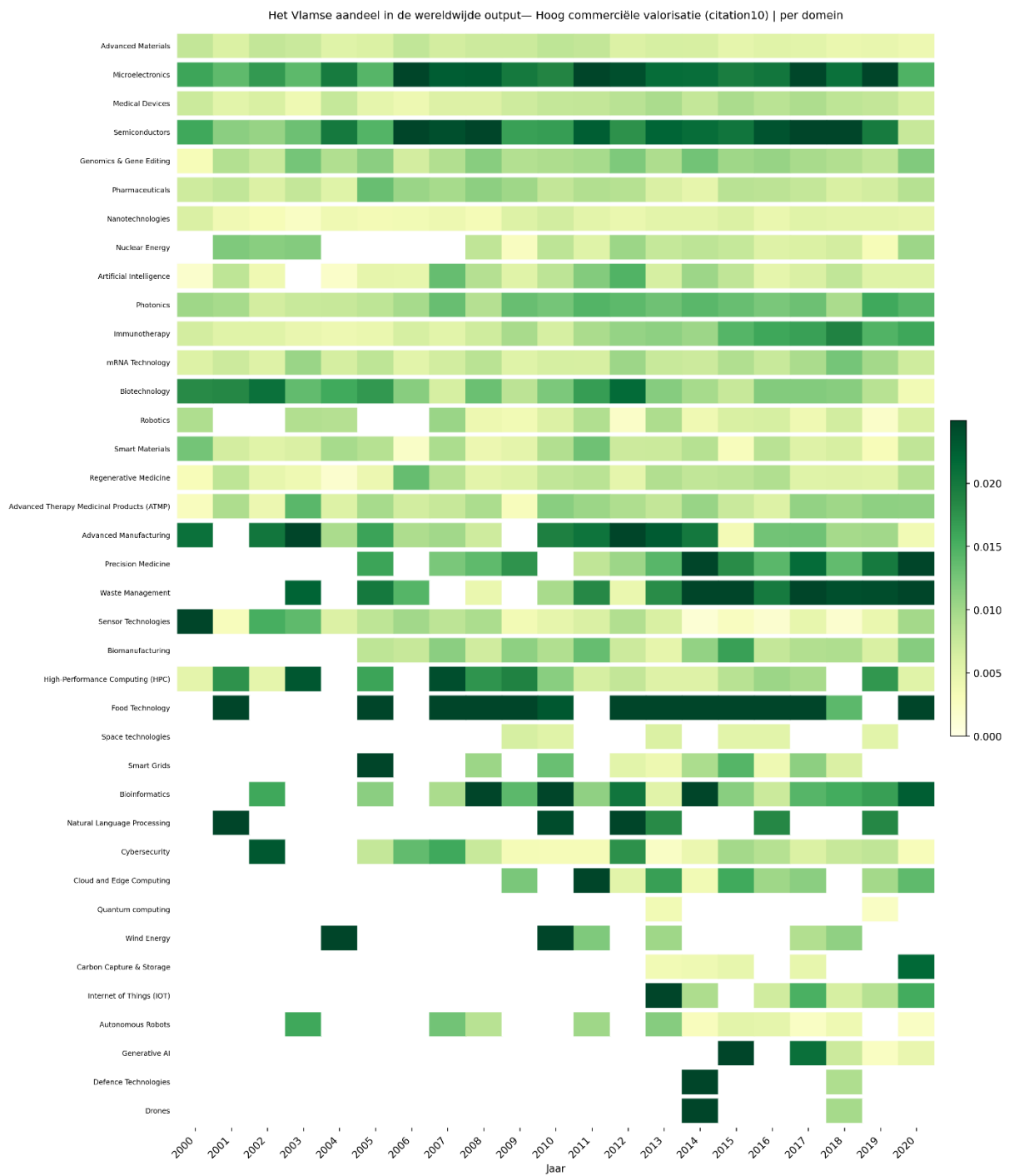
Naast Microelectronics en Semiconductors springen ook enkele andere domeinen in het oog door hun uitgesproken comparatieve positie. Dat geldt vooral voor Photonics, Advanced Manufacturing, Precision Medicine, Waste Management en Food Technology. In deze

domeinen lijkt Vlaanderen dus relatief bijzonder sterk te presteren in wetenschappelijk onderzoek dat later technologisch wordt gevaloriseerd, ook wanneer het absolute Vlaamse aandeel minder dominant is dan in de klassieke sterktedomeinen.

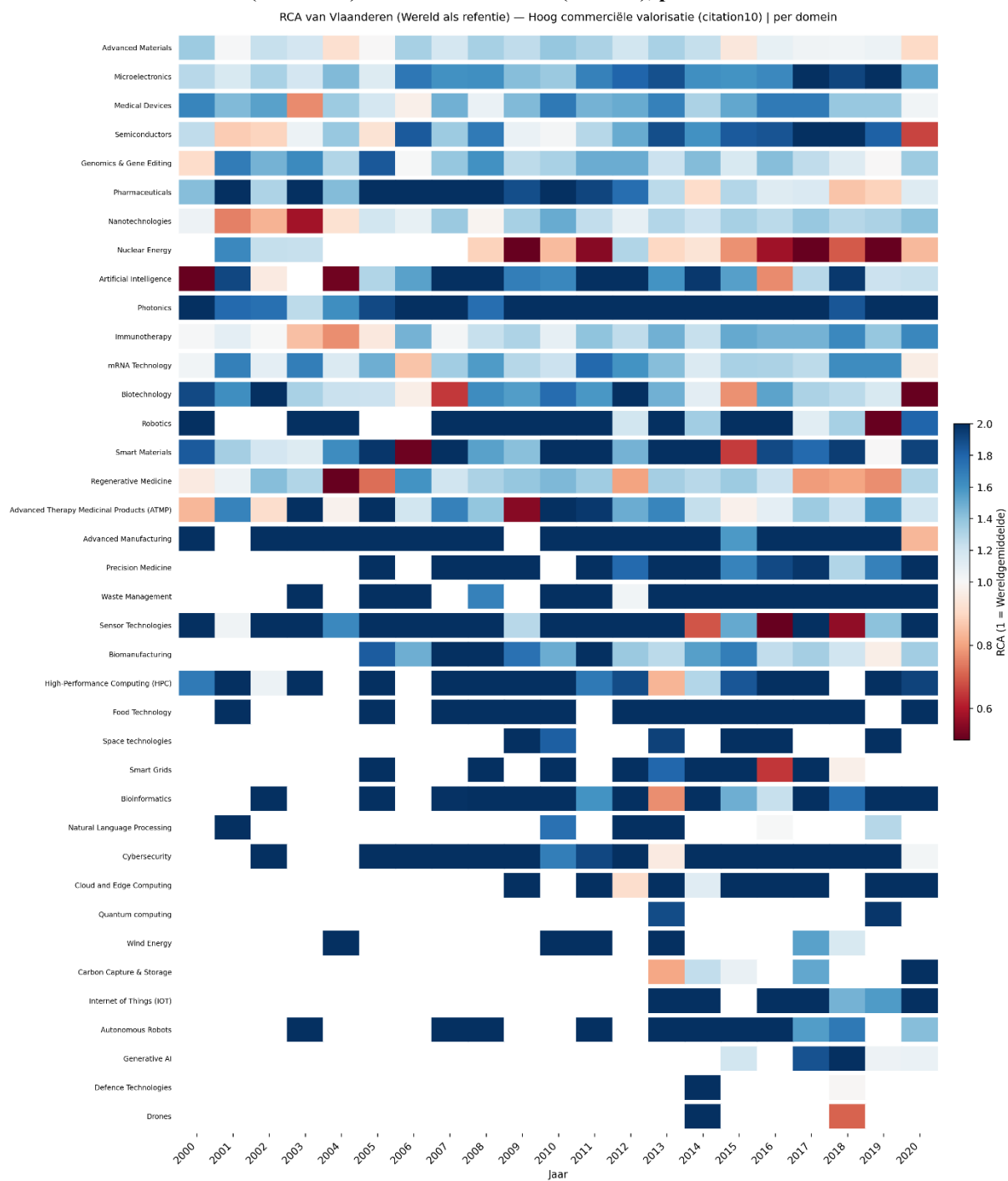
Daartegenover staan domeinen waarin de relatieve positie beperkter blijft. Nuclear Energy is daarvan het duidelijkste voorbeeld: hoewel Vlaanderen er in sommige jaren wel zichtbaar is in absolute termen, blijft de RCA over grote delen van de periode onder 1.

De belangrijkste beleidsboodschap is daarom dat Vlaanderen in de analyse van gerealiseerde technologische valorisatie op twee verschillende manieren sterk kan staan. In sommige domeinen, zoals Microelectronics en Semiconductors, combineert Vlaanderen een hoge internationale zichtbaarheid met een duidelijke relatieve specialisatie. In andere domeinen, zoals Photonics, Advanced Manufacturing, Precision Medicine, Waste Management en Food Technology, valt vooral de sterke comparatieve positie op. Voor beleid is het daarom essentieel om beide indicatoren samen te lezen: het aandeel toont waar Vlaanderen reeds een relatief groot aandeel heeft en dus internationaal zichtbaar is in onderzoek dat technologisch wordt benut, terwijl de RCA aangeeft in welke domeinen Vlaanderen daarin ook werkelijk bovengemiddeld sterk gespecialiseerd is.

Figuur 6.3.2a: Het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde publicaties met hoge technologische valorisatie (citation10), per domein



Figuur 6.3.2b: Comparatief voordeel van Vlaanderen in wetenschap met hoge technologische valorisatie (citation10): RCA versus wereld (Landen), per domein



7 Onbenut technologisch potentieel van wetenschap in Vlaanderen

Niet alle Vlaamse publicaties met een hoog ex-ante technologisch potentieel vinden later ook effectief hun weg naar technologische toepassingen. Om zichtbaar te maken waar die doorstroming sterker of zwakker is, focust Figuur 7 uitsluitend op Vlaamse publicaties met hoog ex-ante technologisch potentieel en toont zij per domein en per jaar welk aandeel daarvan later technologisch wordt gevaloriseerd, gemeten via patentcitaten of via het hergebruik van wetenschappelijke ideeën in patenttekst. Donkere kleuren wijzen dus op een hogere benuttingsgraad van technologisch potentieel. De figuur toont daarbij niet het absolute aantal publicaties, maar het aandeel veelbelovende publicaties dat later ook effectief technologisch doorwerkt.

De figuur laat duidelijke verschillen tussen domeinen zien. De meest consistente en relatief hoge benuttingsgraden vinden we vooral in een aantal levenswetenschappelijke en gezondheidsgerichte domeinen. In het bijzonder vallen mRNA Technology, Immunotherapy en Genomics & Gene Editing op, waar over meerdere jaren een relatief groot deel van de veelbelovende publicaties later ook technologisch wordt benut. Ook Medical Devices, Photonics en Biotechnology laten over langere periodes een vrij hoge benuttingsgraad zien. In deze domeinen lijkt de aansluiting tussen wetenschappelijk potentieel en latere technologische valorisatie dus relatief sterk.

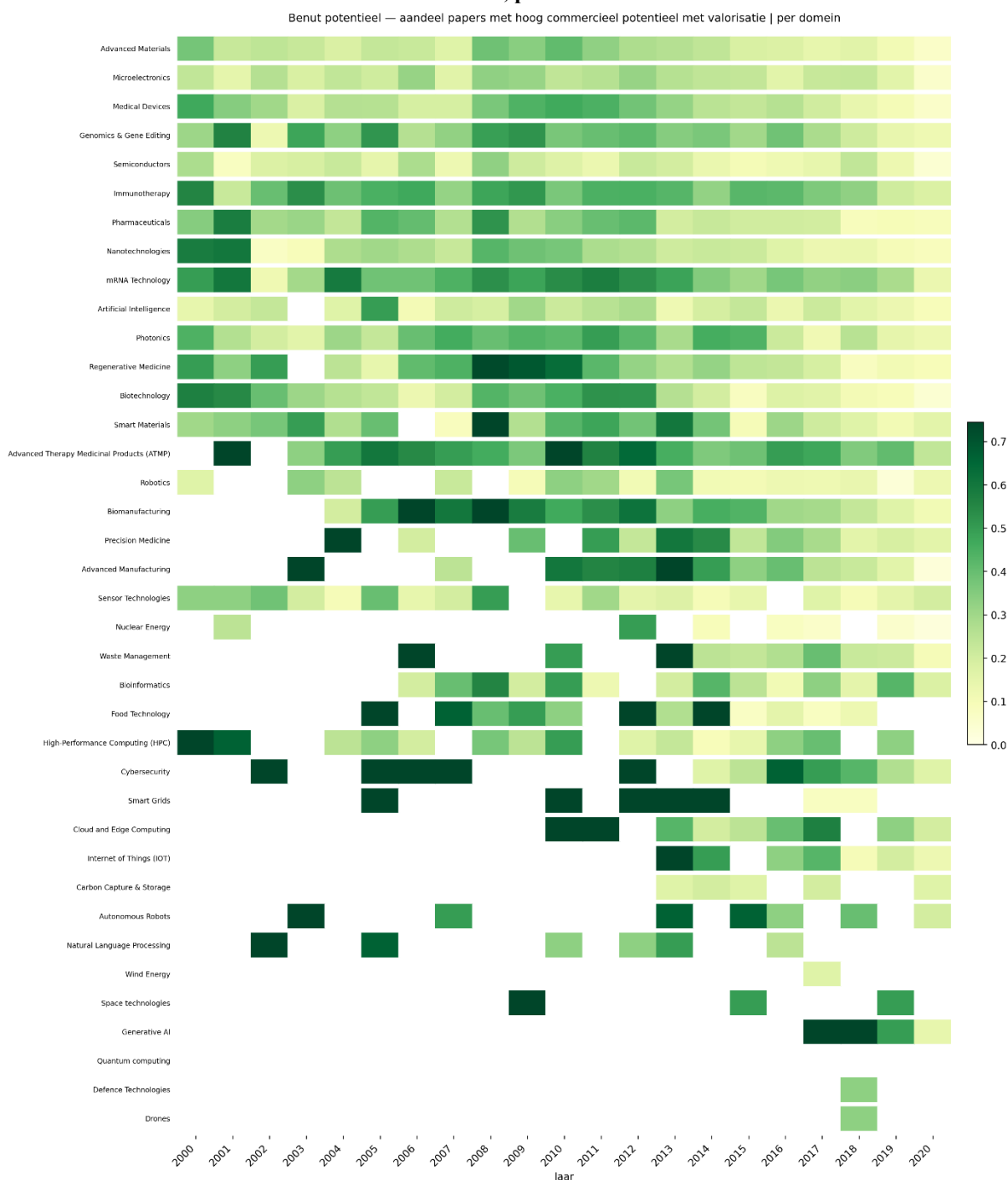
Daarnaast zijn er domeinen waarin vooral in bepaalde perioden uitgesproken hoge benuttingsgraden zichtbaar zijn, zonder dat dit over de volledige periode even stabiel is. Dat geldt bijvoorbeeld voor Regenerative Medicine, Advanced Therapy Medicinal Products (ATMP), Biomanufacturing, Precision Medicine en Advanced Manufacturing. In deze domeinen zijn er jaren waarin een bijzonder groot deel van de veelbelovende publicaties technologisch wordt gevaloriseerd, maar het patroon is minder gelijkmatig over de tijd. Voor sommige van deze domeinen spelen ook beperkte aantallen observaties mee, wat maakt dat jaarlijkse schommelingen sneller uitgesproken kunnen zijn.

Andere domeinen vertonen een meer gemengd of gematigder beeld. In Microelectronics, Semiconductors, Sensor Technologies, Artificial Intelligence en Robotics ligt de benuttingsgraad doorgaans lager of is zij minder consistent doorheen de tijd. Ook in Nanotechnologies is het beeld niet uniform: de benuttingsgraad ligt in de vroege jaren relatief hoog, maar zwakt later duidelijk af. Bij verschillende digitale en recent opkomende domeinen, zoals Cybersecurity, Cloud and Edge Computing, Internet of Things, Natural Language Processing en Generative AI, zien we soms wel zeer hoge benuttingsgraden in afzonderlijke jaren, maar door het grote aantal lege of sporadische observaties is daar voorzichtigheid geboden in de interpretatie. Zulke uitschieters wijzen niet noodzakelijk op een breed en stabiel structureel patroon.

De belangrijkste beleidsboodschap is dat hoog technologisch potentieel op zich geen garantie biedt op latere technologische valorisatie. Zelfs in de best presterende domeinen wordt slechts een deel van de veelbelovende publicaties later zichtbaar benut in gepatenteerde

technologische ontwikkeling. De kloof tussen potentieel en gerealiseerde valorisatie blijft dus reëel, maar verschilt sterk tussen domeinen. Dat maakt deze kloof beleidsmatig relevant: naast het stimuleren van wetenschappelijk potentieel is ook aandacht nodig voor de mechanismen die bepalen of dat potentieel effectief wordt omgezet in technologische toepassingen, en in welke domeinen bijkomende ondersteuning of betere verbindingen tussen wetenschap en innovatie het meeste verschil kunnen maken.

Figuur 7: Aandeel publicaties met hoog technologisch potentieel dat technologisch wordt gevaloriseerd in Vlaanderen, per domein



8 Internationale co-publicaties, samenwerking met bedrijven en doorbraakonderzoek

Naast verschillen tussen wetenschappelijke domeinen is het voor beleid ook belangrijk te begrijpen welke kenmerken van wetenschappelijk onderzoek samenhangen met een hoger technologisch potentieel en een sterkere technologische valorisatie. Drie factoren springen daarbij duidelijk naar voren: internationale samenwerking, samenwerking met bedrijven en doorbraakonderzoek.

De sterkste samenhang zien we bij samenwerking met bedrijven. In deze analyse wordt bedrijfssamenwerking gemeten op basis van co-auteurschap met instellingen die in OpenAlex als “company” worden geclassificeerd. Dit is een afzonderlijke categorie, naast onder meer healthcare, nonprofit, facility en government. Enkel instellingen in de categorie company worden dus als bedrijf meegeteld. In de praktijk gaat het vooral om private ondernemingen, onder meer in farma, halfgeleiders en elektronica, en chemie. Voorbeelden zijn Janssen, Ablynx, GSK, NXP, ASM International, ON Semiconductor, Barco, Agfa-Gevaert, ArcelorMittal en Bekaert. Strategische onderzoekscentra worden door deze classificatie grotendeels uitgesloten. Zo wordt IMEC door OpenAlex geclassificeerd als “nonprofit” en telt het dus niet mee als bedrijf. VIB en VITO worden geclassificeerd als “facility” en zijn eveneens uitgesloten. Ook ziekenhuizen worden niet meegeteld, omdat zij onder “healthcare” vallen.

Vlaamse publicaties met minstens één co-auteur uit een bedrijf hebben beduidend vaker een hoog ex-ante commercieel potentieel dan andere publicaties: 70% tegenover 50% voor publicaties zonder bedrijfsco-auteur. Dit is een verschil van 20 procentpunt, ofwel 41% meer. Ook hun kans op sterke technologische valorisatie ligt duidelijk hoger. Ze worden vaker geciteerd in patenten: 16% tegenover 9%, een verschil van 7 procentpunt, ofwel 80% meer. Ook het hergebruik van ideeën in patenten ligt hoger: 4% tegenover 3%, een verschil van 2 procentpunt, ofwel 53% meer. Dit wijst erop dat samenwerking tussen universiteiten en bedrijven een belangrijke hefboom vormt om wetenschappelijk onderzoek sneller en sterker te verbinden met technologische toepassingen.

Ook doorbraakonderzoek blijkt bijzonder relevant. Publicaties die wetenschappelijk sterk vernieuwend zijn, hebben niet alleen vaker een hoog ex-ante commercieel potentieel: 62% tegenover 51% voor niet-doorbraakpublicaties, een verschil van 12 procentpunt, ofwel 23% meer. Ze hebben ook een duidelijk grotere kans om later zichtbaar door te werken in nieuwe technologieën. Sterk vernieuwende publicaties hebben 17% kans op patentcitaten tegenover 10%, een verschil van 7 procentpunt, ofwel 62% meer. Het gaat dus niet enkel om wetenschappelijk vernieuwende output op zich, maar ook om onderzoek dat vaker de basis legt voor latere technologische ontwikkeling. Dat onderstreept het belang van voldoende ruimte voor ambitieus, vernieuwend en risicodragend onderzoek binnen het Vlaamse onderzoekslandschap.

Internationale samenwerking hangt eveneens positief samen met technologisch potentieel en valorisatie. Vlaamse publicaties met buitenlandse co-auteurs presteren gemiddeld beter op deze dimensies dan publicaties zonder internationale samenwerking: 53% tegenover 51% voor commercieel potentieel, een verschil van 2 procentpunt, ofwel 3% meer; 11% tegenover 10% voor de kans op patentcitaten, een verschil van 1 procentpunt, ofwel 13% meer; en 4% tegenover 3% voor hergebruik van ideeën in patenten, een verschil van 1 procentpunt, ofwel 26% meer. De samenhang is minder sterk dan bij samenwerking met bedrijven of doorbraakonderzoek, maar blijft duidelijk aanwezig. Internationale samenwerking lijkt dus ook bij te dragen aan de technologische relevantie en doorwerking van Vlaams onderzoek.

Belangrijk is dat deze verbanden overeind blijven wanneer rekening wordt gehouden met verschillen tussen publicatiejaren en wetenschappelijke domeinen. De resultaten wijzen dus niet enkel op verschillen in domeinspecialisatie of tijdstrends, maar op bredere en robuuste patronen.

9 Internationale kennisstromen tussen wetenschap en innovatie in Vlaanderen

Dit hoofdstuk analyseert de internationale kennisstromen tussen wetenschap en innovatie in Vlaanderen. Daarbij staan drie vragen centraal. Ten eerste: in welke mate wordt Vlaamse wetenschappelijke kennis technologisch gevaloriseerd binnen Vlaanderen zelf versus in het buitenland? Ten tweede: welke landen maken het sterkst gebruik van Vlaamse wetenschappelijke kennis in hun technologische ontwikkeling? Ten derde: in welke mate steunt Vlaamse technologische ontwikkeling zelf op binnenlandse dan wel buitenlandse wetenschappelijke kennis?

Deze vragen zijn beleidsmatig relevant omdat zij niet alleen zicht geven op de internationale uitstraling van Vlaamse wetenschap, maar ook op de mate waarin Vlaanderen erin slaagt die wetenschappelijke kennis lokaal te verankeren in technologische ontwikkeling. Samen bieden de analyses in dit hoofdstuk inzicht in de internationale positie van Vlaanderen binnen grensoverschrijdende kennis- en innovatiestromen, en in de sterktes en knelpunten van de koppeling tussen wetenschap en innovatie in Vlaanderen.

9.1 Binnenlandse versus buitenlandse technologische valorisatie van Vlaamse wetenschap

Figuren 9.1a–c tonen dat slechts een beperkt deel van de technologische valorisatie van Vlaamse wetenschappelijke publicaties binnen Vlaanderen zelf plaatsvindt. Over de periode 2000–2020 is slechts 4 à 10% van de patentcitaten naar Vlaamse wetenschappelijke publicaties afkomstig uit Vlaanderen zelf. Het grootste deel van deze technologische valorisatie gebeurt dus buiten Vlaanderen. Tegelijk vertoont het Vlaamse aandeel een licht stijgende tendens, van 4,9% in 2000 tot 6,6% in 2020, met een piek van 9,7% in 2018. Dat wijst erop dat de binnenlandse valorisatiecapaciteit mogelijk geleidelijk versterkt, maar dat de technologische valorisatie van Vlaamse wetenschap nog steeds slechts in beperkte mate lokaal verankerd is.

In internationaal perspectief is dat aandeel laag. Figuur 9.1a laat zien dat Vlaanderen ver onder grotere economieën zoals de Verenigde Staten en China blijft, waar een veel groter aandeel van de nationale wetenschap door het eigen innovatiesysteem wordt opgenomen. Maar ook in vergelijking met kleinere en open kenniseconomieën zoals Zwitserland en Israël scoort Vlaanderen lager. Opvallend is bovendien dat ook het aandeel voor de EU-27 als geheel heel laag blijft in vergelijking met de Verenigde Staten en recenter ook China. Dat suggereert dat een aanzienlijk deel van de technologische valorisatie van Europese wetenschappelijke kennis buiten de EU-27 plaatsvindt, wat aansluit bij de bredere vaststelling van een Europese paradox. De sterke opwaartse trend van China is opvallend, maar moet met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. In onze analyse worden ook octrooien opgenomen die zijn aangevraagd bij het Chinese octrooibureau. Voor een aanzienlijk deel van

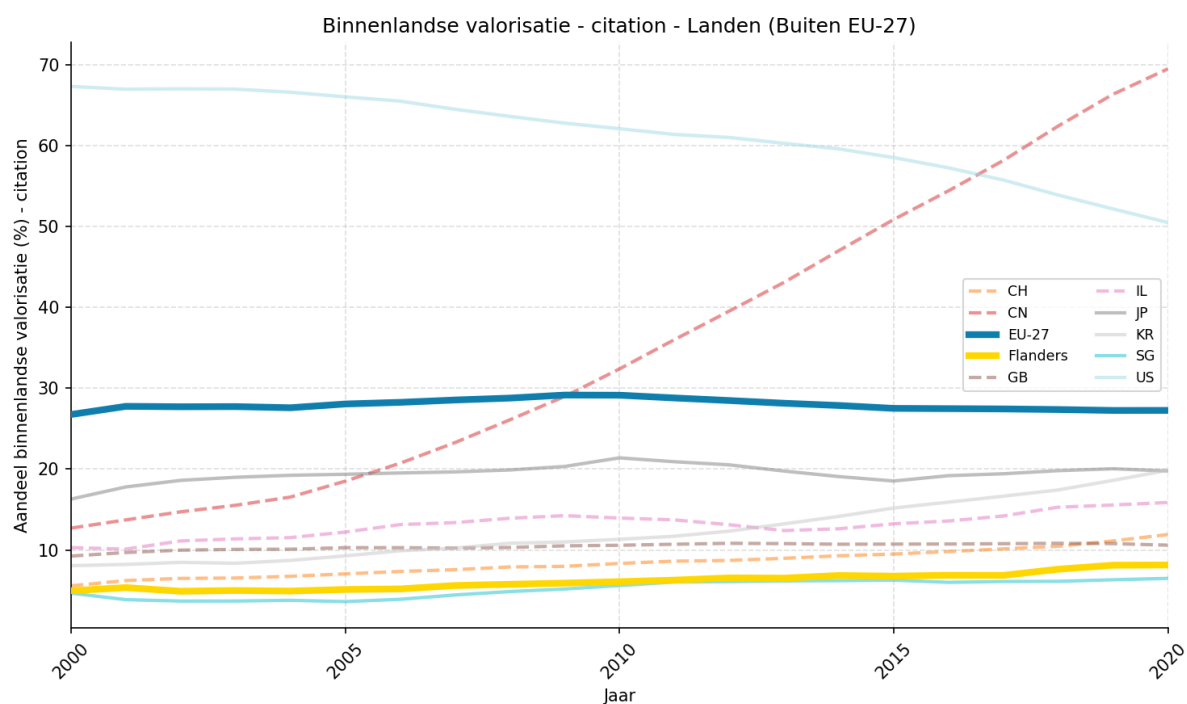
deze octrooien zijn echter onvoldoende adresgegevens van de uitvinders beschikbaar. Aangezien vrijwel al deze octrooien in de praktijk aan Chinese bedrijven en uitvinders kunnen worden toegeschreven, nemen we in de basisberekeningen aan dat het om Chinese technologie gaat. Om de robuustheid van deze bevinding te toetsen, hebben we de volledige analyse van de internationale kennisstromen opnieuw uitgevoerd, ditmaal met uitsluiting van alle octrooien waarvoor onvoldoende adresgegevens beschikbaar waren. De resultaten van die alternatieve berekening zijn niet opgenomen in dit rapport, maar leiden tot een zeer gelijkaardig beeld voor Vlaanderen en de andere regio's. Enkel het aandeel van China valt in die alternatieve berekening vanzelfsprekend lager uit.

Ook binnen de EU-27 bevindt Vlaanderen zich op een relatief laag niveau, terwijl er toch ook hier een duidelijke maar licht opwaartse trend zichtbaar is (Figuur 9.1b). Niet alleen veel grotere landen zoals Frankrijk en Duitsland halen structureel hogere aandelen, maar ook kleinere landen zoals Nederland, Denemarken, en Zweden scoren over het algemeen beter.

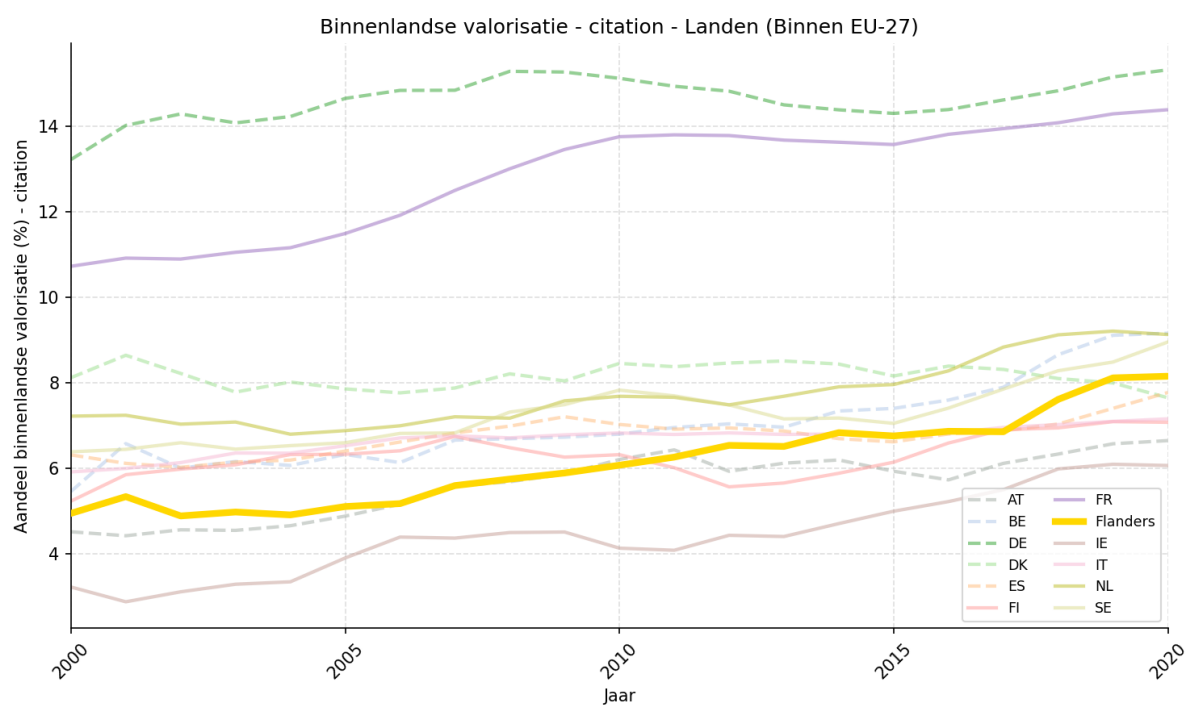
Het beeld voor de benchmarkregio's is genuanceerder. Figuur 9.1c toont dat Vlaanderen zijn positie in de loop van de periode versterkt en in de meest recente jaren zelfs de best presterende regio is. Die vaststelling moet evenwel worden gelezen in het licht van een belangrijk schaalverschil: Vlaanderen is veruit de grootste regio in deze vergelijking. Vlaanderen telt ongeveer 6,9 miljoen inwoners, tegenover ongeveer 1,9 miljoen in Hovedstaden en 2,7 miljoen in Noord-Brabant. Dat Vlaanderen een vergelijkbaar aandeel van interne valorisatie realiseert als deze aanzienlijk kleinere regio's, is dus niet zonder betekenis.

Beleidsmatig vergen deze resultaten een genuanceerde interpretatie. Voor een kleine, open economie is een lage binnenlandse valorisatiegraad op zich niet noodzakelijk problematisch: zij kan ook wijzen op een sterke internationale uitstraling van Vlaamse wetenschap. Tegelijk tonen de vergelijkingen met andere landen en regio's dat de technologische verankering van die wetenschap binnen Vlaanderen relatief beperkt blijft. De kernboodschap is daarom dubbel: Vlaamse wetenschap wordt internationaal duidelijk opgepikt, maar de doorwerking ervan in technologische ontwikkeling binnen Vlaanderen blijft bescheiden. Dat onderstreept het belang van beleid dat inzet op een sterkere koppeling tussen Vlaamse kennisinstellingen en technologische ontwikkeling in Vlaanderen zelf.

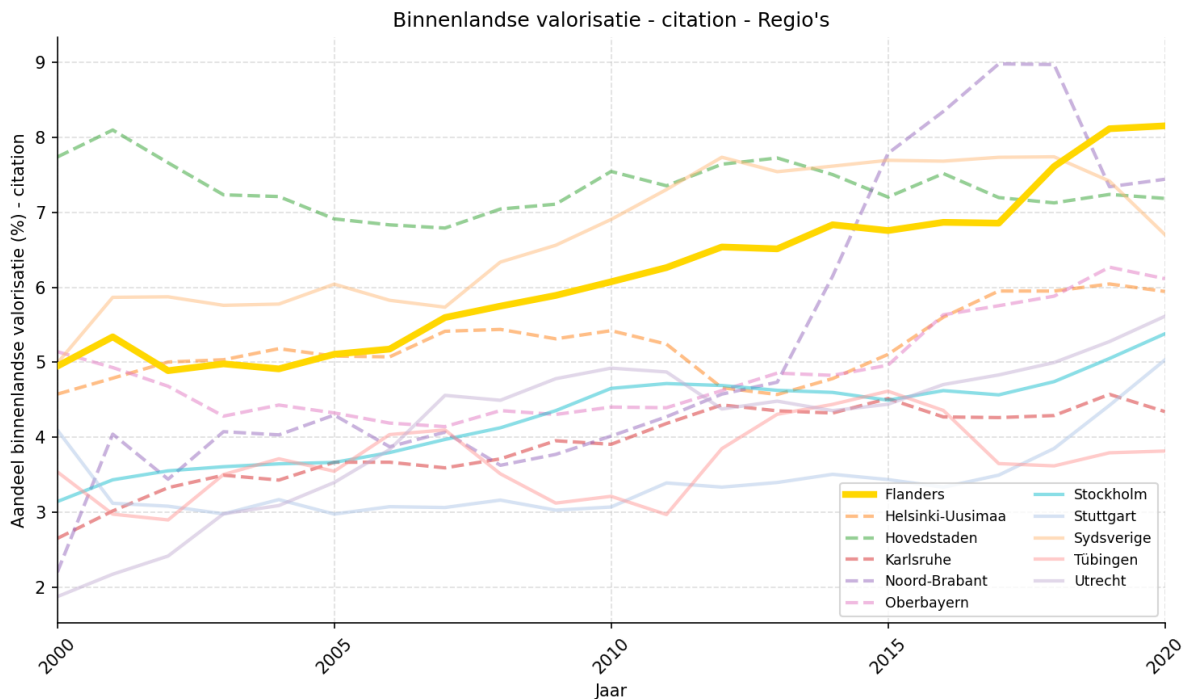
Figuur 9.1a: Binnenlandse valorisatie van wetenschap – citaties (Landen – Buiten EU-27)



Figuur 9.1b: Binnenlandse valorisatie van wetenschap – citaties (Landen – Binnen EU-27)



Figuur 9.1c: Binnenlandse valorisatie van wetenschap – citaties (Regio's – Binnen EU-27)

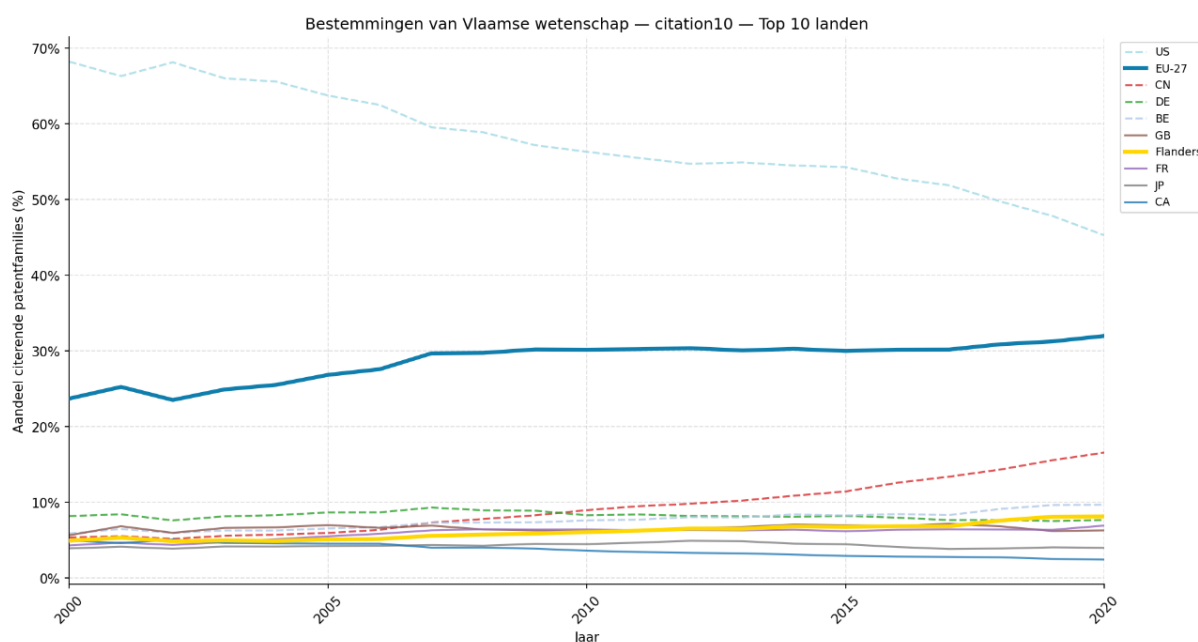


9.2 Buitenlandse technologische valorisatie van Vlaamse wetenschappelijke kennis

Figuur 9.2 toont de geografische spreiding van de technologische benutting van Vlaamse wetenschappelijke kennis, gemeten als het aandeel van alle citerende patentfamilies dat afkomstig is uit elk van de tien belangrijkste bestemmingslanden. De figuur maakt duidelijk dat die benutting sterk internationaal gespreid is.

De Verenigde Staten zijn veruit de belangrijkste buitenlandse bestemming van Vlaamse wetenschappelijke kennis. Het Amerikaanse aandeel bedroeg 68% in 2000, 55% in 2010 en 40% in 2020. Die daling wijst niet op een absolute terugval van het gebruik van Vlaamse wetenschap in de Verenigde Staten, maar weerspiegelt vooral de opkomst van andere landen in het mondiale innovatielandschap. De EU-27 neemt een stabiele en licht stijgende tweede positie in, van 24% in 2000 tot 32% in 2020. De meest opvallende evolutie is de sterke opkomst van China, waarvan het aandeel stijgt van 5% in 2000 tot 18% in 2020. Dat onderstreept de toenemende internationale reikwijdte van Vlaamse wetenschappelijke kennis. Andere landen, waaronder Duitsland, Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk, en Japan, nemen elk relatief stabiele aandelen in van ongeveer 3 à 9%.

Figuur 9.2: Buitenlandse valorisatie van Vlaamse wetenschappelijke kennis – top 10 landen



9.3 Vlaamse technologische valorisatie van buitenlandse wetenschappelijke kennis

In dit onderdeel analyseren we in welke mate Vlaamse technologische ontwikkeling steunt op binnenlandse dan wel buitenlandse wetenschappelijke kennis, en welke landen daarbij de belangrijkste kennisbronnen vormen. De analyse is gebaseerd op de wetenschappelijke publicaties die worden geciteerd door Vlaamse patenten, waarbij publicaties worden toegeschreven aan het land van de betrokken onderzoeksinstituten. Daarbij beschouwen we alle patenten met minstens één uitvinder gevestigd in Vlaanderen, ongeacht bij welke patentautoriteit zij zijn ingediend, over de periode 2000–2022.

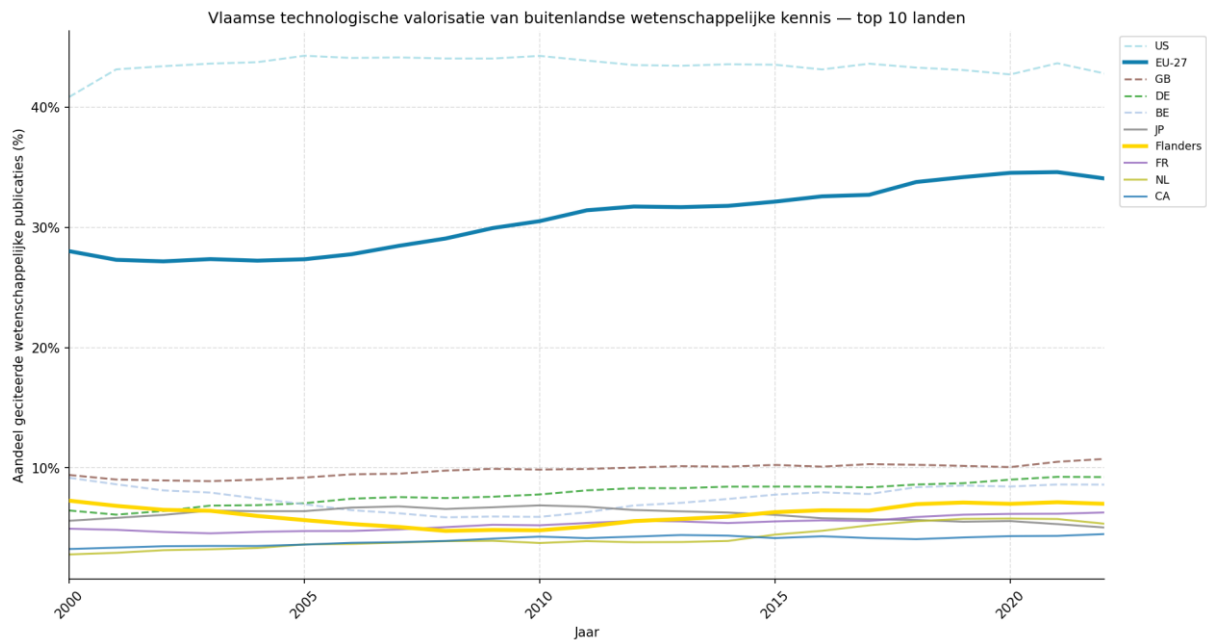
Figuur 9.3 toont welke wetenschappelijke kennis aan de basis ligt van Vlaamse technologie. Daaruit blijkt dat Vlaamse technologische ontwikkeling in overwegende mate steunt op buitenlandse wetenschappelijke kennis. De Verenigde Staten blijven met een aandeel van ongeveer 40 à 45% de belangrijkste kennisbron. De EU-27 als geheel volgt als tweede belangrijkste bron en kent een stijgend aandeel, van ongeveer 28% aan het begin van de periode tot circa 35% op het einde. Ook het Verenigd Koninkrijk en Duitsland nemen een duidelijke plaats in, met aandelen van respectievelijk ongeveer 10% en 8%.

De eigen Vlaamse wetenschap vertegenwoordigt daarentegen slechts ongeveer 4 à 8% van de wetenschappelijke publicaties die door Vlaamse patenten worden geciteerd. Dat aandeel blijft over de tijd vrij stabiel, maar is tegelijk duidelijk beperkt. In samenhang met de voorgaande secties is dat een opvallende vaststelling: terwijl Vlaamse wetenschap internationaal sterk technologisch wordt benut, blijft de doorwerking ervan in Vlaamse technologieontwikkeling relatief bescheiden. Vlaamse technologische ontwikkeling steunt dus in belangrijke mate op

buitenlandse wetenschappelijke kennis, terwijl de eigen wetenschappelijke basis slechts in beperkte mate doorwerkt in Vlaamse technologie.

Beleidsmatig wijzen deze resultaten erop dat de uitdaging voor Vlaanderen niet alleen ligt in de productie van sterke en technologisch relevante wetenschap, maar vooral ook in de mate waarin die kennis binnen Vlaanderen zelf haar weg vindt naar technologische ontwikkeling. Een sterkere koppeling tussen onderzoeksinstituten, bedrijven en andere valorisatiekanalen is daarom cruciaal om de lokale benutting van Vlaamse wetenschap te verhogen.

Figuur 9.3: Vlaamse technologische valorisatie van buitenlandse wetenschappelijke kennis — top 10 landen



10 Conclusie

Dit rapport vertrok vanuit een duidelijke beleidsvraag. Eerdere analyses wezen erop dat Vlaanderen sterk presteert op het vlak van wetenschap, maar beduidend minder sterk op het vlak van technologieontwikkeling. De centrale vraag was daarom waar in de doorstroming van wetenschap naar technologie het belangrijkste knelpunt ligt. Meer concreet onderzocht dit rapport drie mogelijke verklaringen: een relatief zwakkere positie in onderzoek met hoog ex-ante technologisch potentieel, een beperkte omzetting van dat potentieel in technologische valorisatie, of een situatie waarin Vlaamse wetenschap wel degelijk technologisch wordt benut, maar die benutting vooral buiten Vlaanderen plaatsvindt.

De resultaten wijzen in een duidelijke richting. De eerste verklaring vindt weinig steun in de bevindingen van dit rapport. Vlaanderen presteert in globaal perspectief goed in onderzoek met hoog ex-ante technologisch potentieel en heeft, na Duitsland, het op één na sterkste comparatief voordeel van de Europese benchmarklanden. Daarbij is het relevant dat de EU-27 als geheel een duidelijk comparatief nadeel vertoont ten opzichte van landen als Singapore, Zuid-Korea, de Verenigde Staten en, sinds 2005, ook China. Tegen die achtergrond neemt Vlaanderen binnen Europa dus een sterke positie in. Dat is beleidsmatig een cruciale vaststelling. Technologisch potentieel vormt immers de basis van de verdere valorisatieketen: zonder wetenschappelijke kennis die inhoudelijk relevant is voor latere technologische ontwikkeling, kan daaruit ook geen duurzame technologische en economische meerwaarde ontstaan. Het behoud en de verdere versterking van deze wetenschappelijke basis moet daarom een eerste en blijvende beleidsprioriteit blijven.

Ook de tweede verklaring vindt geen steun in de gegevens. Het rapport toont dat Vlaamse wetenschap niet alleen technologisch potentieel heeft, maar ook zeer sterk scoort op gerealiseerde technologische valorisatie — zelfs sterker dan op technologisch potentieel. Vlaanderen behoort wereldwijd tot de best presterende landen in termen van comparatief voordeel in wetenschappelijk onderzoek dat later technologisch wordt gevaloriseerd, op een niveau vergelijkbaar met landen als Zwitserland, Israël en de Verenigde Staten. Binnen Europa neemt Vlaanderen zelfs de koppositie in onder de benchmarklanden, met Duitsland, Nederland en Denemarken als eerste achtervolgers. Ook dat is een bijzonder sterke bevinding. Ze toont aan dat Vlaamse wetenschap niet alleen technologisch relevant potentieel voortbrengt, maar ook daadwerkelijk en in sterke mate doorwerkt in latere technologieontwikkeling.

De derde verklaring blijkt daarentegen centraal te staan. Vlaamse wetenschap wordt wel degelijk sterk technologisch gevaloriseerd, maar die valorisatie vindt in overwegende mate buiten Vlaanderen plaats. Slechts een beperkt deel van de technologie die voortbouwt op Vlaams wetenschappelijk onderzoek ontstaat in Vlaanderen zelf. Het grootste deel van de technologische valorisatie gebeurt in het buitenland, in het bijzonder in de Verenigde Staten, de EU-27 en, in toenemende mate, ook China. Ook voor de EU-27 als geheel blijft de

binnenlandse verankering van wetenschappelijke valorisatie opvallend laag in vergelijking met de Verenigde Staten en China.

Het rapport toont tegelijk de omgekeerde beweging. Vlaamse technologieontwikkeling steunt zelf in belangrijke mate op buitenlandse wetenschappelijke kennis, vooral uit de Verenigde Staten en in mindere mate uit de EU-27. Vlaamse wetenschap speelt daarentegen slechts in beperkte mate een rol als kennisbasis voor Vlaamse technologieontwikkeling. Met andere woorden: Vlaanderen brengt wetenschappelijke kennis voort die internationaal sterk technologisch wordt benut, maar diezelfde kennis vindt slechts in beperkte mate haar weg naar technologische ontwikkeling binnen Vlaanderen zelf.

Samen wijzen deze bevindingen op een structureel verankeringsprobleem. Het belangrijkste knelpunt voor Vlaanderen ligt niet in het voortbrengen van technologisch relevante wetenschap, en evenmin in de technologische valorisatie ervan als zodanig. Het knelpunt ligt vooral in de beperkte mate waarin Vlaanderen erin slaagt die valorisatie binnen de eigen economie te verankeren. Juist daarin lijkt sprake van aanzienlijk onbenut potentieel. Dat potentieel is niet louter hypothetisch: het feit dat Vlaamse wetenschap wél op grote schaal in het buitenland technologisch wordt gevaloriseerd, toont aan dat die kennis daadwerkelijk technologisch relevant en economisch waardevol is. De centrale beleidsuitdaging is daarom hoe Vlaanderen een groter deel van de technologische valorisatie van zijn eigen wetenschappelijke basis binnen de eigen regio kan laten plaatsvinden, zodat ook de verdere schakels in de valorisatieketen en een groter deel van de daarmee samenhangende economische opbrengsten sterker in Vlaanderen worden verankerd.

Die conclusie is beleidsmatig relevant. Dit rapport focust op drie cruciale schakels in de vroege valorisatieketen van wetenschap: het technologisch potentieel van wetenschappelijk onderzoek, de technologische valorisatie ervan, en de mate waarin die valorisatie binnen Vlaanderen verankerd is. De uiteindelijke economische en maatschappelijke waardecreatie die uit die technologie voortvloeit, ligt verder stroomafwaarts en wordt in deze studie niet rechtstreeks gemeten. Wel ligt het voor de hand dat economieën die sterk presteren op deze drie dimensies doorgaans ook beter geplaatst zijn om economische meerwaarde uit wetenschap en technologie te halen. Dat helpt ook te begrijpen waarom economieën zoals de Verenigde Staten en, recenter, ook China op dat vlak zo sterk staan. Vlaanderen scoort sterk op de eerste dimensie en zeer sterk op de tweede, maar duidelijk zwakker op de derde. De strategische uitdaging ligt voor Vlaanderen dus niet in de vraag of het voldoende sterke of technologisch relevante wetenschap voortbrengt, maar in de vraag hoe een groter deel van de technologische valorisatie van die wetenschap sterker binnen Vlaanderen zelf kan worden verankerd. Net daar ligt de belangrijkste beleidshefboom.

Vanuit die vaststelling volgt een duidelijke beleidsagenda. Ten eerste moet Vlaanderen onverminderd blijven investeren in wetenschappelijk onderzoek. Dat is geen afgeleide beleidsdoelstelling, maar de fundamentele voorwaarde voor latere valorisatie. De resultaten van dit rapport mogen dus niet worden geïnterpreteerd als een argument om minder nadruk te leggen op de wetenschappelijke basis en meer op de latere schakels alleen. Integendeel: de

sterke technologische valorisatie van Vlaamse wetenschap toont juist aan hoe waardevol die wetenschappelijke basis is. Wie die basis verwaarloost, ondergraaft op termijn ook het potentieel voor latere technologieontwikkeling en economische valorisatie. Dat vraagt niet alleen voldoende investeringen in onderzoek in het algemeen, maar ook blijvende ruimte voor ambitieus, vernieuwend en risicodragend bottom-up onderzoek. De bevindingen over doorbraakonderzoek zijn in dat verband bijzonder relevant: wetenschappelijk sterk vernieuwend onderzoek heeft niet alleen vaker hoog technologisch potentieel, maar werkt ook vaker door in latere technologie. Een strategie gericht op latere valorisatie moet dus beginnen bij het versterken van de wetenschappelijke basis zelf.

Ten tweede moet Vlaanderen veel gericht inzetten op de binnenlandse verankering van valorisatie. De kernuitdaging is niet dat Vlaamse wetenschap onvoldoende relevant zou zijn voor technologische toepassingen, maar dat een groot deel van die toepassingen buiten Vlaanderen tot stand komt. Dat vraagt om een sterker beleid voor de downstreamontwikkeling van Vlaamse wetenschap in Vlaanderen zelf. Een eerste sleutelrol ligt daarbij bij universiteiten, strategische onderzoekscentra en hun TTO's. Hun opdracht moet verder reiken dan klassieke taken zoals intellectuele-eigendomsbescherming en licentiëring, en sterker ook proof-of-concept, translatie, prototyping, venture creation en andere stappen tussen wetenschappelijke kennis en economische waardecreatie omvatten. Tegelijk moeten alle drempels die onderzoekers ontmoedigen om hun kennis zelf verder te ontwikkelen of commercieel mee te exploiteren, gericht worden weggewerkt. Onderzoekers beschikken immers vaak over unieke, moeilijk overdraagbare kennis en expertise die in de vroege fasen van technologieontwikkeling cruciaal is. Dat vraagt om een beleidskader dat onderzoekers effectief in staat stelt en stimuleert om die rol op te nemen, via tijd, flexibiliteit in loopbaanpaden, erkenning binnen de academische context, gerichte ondersteuning en een billijke deelname in de opbrengsten.

Ten derde vraagt dit om een versterking van de absorptiecapaciteit aan de vraagzijde. De resultaten tonen dat Vlaamse technologieontwikkeling in belangrijke mate steunt op buitenlandse wetenschappelijke kennis en dat de opname van lokaal geproduceerde kennis in Vlaamse technologie relatief beperkt blijft, ondanks het duidelijke potentieel aan de aanbodzijde. Dat wijst op een nood aan sterkere verbindingen tussen Vlaamse onderzoeksinstellingen en bedrijven in Vlaanderen. De bevindingen uit hoofdstuk 8 zijn in dat opzicht richtinggevend: samenwerking met bedrijven hangt het sterkst samen met zowel hoger technologisch potentieel als sterkere technologische valorisatie van wetenschappelijk onderzoek. Beleidsmatig pleit dit voor een verdere versterking van samenwerking tussen wetenschap en bedrijven via gezamenlijke onderzoeksprojecten, gedeelde onderzoeksinfrastructuur, translatieprogramma's, industriële onderzoeksmandaten, doctoraatstrajecten met bedrijven en andere vormen van structurele kennisuitwisseling. Het doel moet zijn om Vlaamse bedrijven sneller, gericht en intensiever toegang te geven tot de kennis die in Vlaanderen zelf wordt ontwikkeld.

Ten vierde is een meer gedifferentieerde en datagedreven aanpak nodig. De analyses tonen dat de kloof tussen technologisch potentieel, gerealiseerde valorisatie en binnenlandse

verankering sterk verschilt tussen domeinen. Uniform beleid volstaat daarom niet. Waar Vlaanderen sterk staat in potentieel maar zwakker in valorisatie of lokale verankering, kunnen gerichte interventies het meeste verschil maken. Hetzelfde geldt op lagere niveaus in het onderzoekslandschap. Ex-ante technologisch potentieel, ex-post valorisatie en geografische verankering kunnen systematisch worden gemeten op het niveau van instellingen, faculteiten, departementen, onderzoeksgroepen, labo's en individuele onderzoekers. Het rapport biedt hiervoor een concreet analysekader en de onderliggende gegevens. Daardoor kunnen TTO's, onderzoeksinstituten en beleidsmakers precies bepalen waar het onbenut potentieel het grootst is en waar gerichte ondersteuning de hoogste opbrengst kan genereren. Dat opent de weg naar een selectiever valorisatiebeleid: onderzoekers en teams met hoog potentieel kunnen proactief worden geïdentificeerd en doelgericht ondersteund, bijvoorbeeld via proof-of-concept-financiering, translatiebegeleiding, industriële matchmaking, aangepaste incentives en meer ruimte om technologieontwikkeling op te nemen. Een dergelijke gerichte aanpak verhoogt de kans dat bestaand potentieel ook effectief wordt omgezet in technologische en, op termijn, economische meerwaarde voor Vlaanderen.

Ten vijfde moet Vlaanderen internationale openheid combineren met een expliciete verankeringsstrategie. De sterke internationale benutting van Vlaamse wetenschap is op zich een sterkte, geen zwakte. Zij bevestigt dat Vlaamse kennis internationaal relevant is en door buitenlandse innovatie-ecosystemen actief wordt opgenomen. Ook internationale samenwerking tussen Vlaamse en buitenlandse onderzoekers blijkt duidelijk samen te hangen met wetenschappelijke output van hoger technologisch potentieel en sterkere valorisatie. De beleidsuitdaging is dus niet om internationale samenwerking te beperken, maar integendeel om die verder te versterken en tegelijk de opbrengsten beter te laten terugvloeien naar Vlaanderen zelf. Dat vergt een beleid dat internationale samenwerking, kennisnetwerken en mobiliteit niet alleen ziet als kanalen voor wetenschappelijke excellentie, maar ook als hefboomen om technologische ontwikkeling, investeringen, partnerschappen, ondernemerschap en opschaling sterker in Vlaanderen te verankeren.

Samengevat leidt dit rapport tot een helder beleidsmatig beeld. Vlaanderen beschikt over een sterke wetenschappelijke basis, brengt onderzoek voort met aanzienlijk technologisch potentieel, en behoort internationaal tot de top in de mate waarin zijn wetenschap later technologisch wordt gevaloriseerd. De zwakke schakel ligt dus niet aan het begin van de keten, en ook niet in de technologische benutting van Vlaamse wetenschap als zodanig, maar in de beperkte mate waarin Vlaanderen die benutting binnen de eigen economie en het eigen innovatie-ecosysteem weet te verankeren. Wie de economische en maatschappelijke opbrengsten van Vlaamse wetenschap wil vergroten, moet daarom niet alleen inzetten op sterke wetenschap, maar vooral op sterkere translatie, sterkere absorptie door bedrijven en sterkere binnenlandse verankering van technologische valorisatie. Net daar ligt de doorslaggevende beleidshefboom voor Vlaanderen.

11 Referenties

Arts, S., Melluso, N., & Veugelers, R. (2025). Beyond citations: Measuring novel scientific ideas and their impact in publication text. *Review of Economics and Statistics*, forthcoming. https://doi.org/10.1162/rest_a_01561

Arts, S., & Melluso, N. (2026). Hidden reliance on scientific ideas and firm innovation. Working paper.

Marx, M., & Scharfmann, E. (2024). Does patenting promote the progress of science? Working paper.

Maraut, S., Dernis, H., Webb, C., Spiezia, V. en Guellec, D. (2008). *The OECD REGPAT Database: A Presentation*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2008/02. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/241437144144>

Masclans, R., Hasan, S., & Cohen, W. (2025). Measuring the commercial potential of science. *Strategic Management Journal*, 46(9), 2199–2236.

Roach, M., & Cohen, W. M. (2013). Lens or prism? Patent citations as a measure of knowledge flows from public research. *Management Science*, 59(2), 504–525.

