

Rapport over Doorbraakonderzoek 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

Prof. Dr. Nicola Melluso

Department of Business and Management
LUISS University

Prof. Dr. Reinhilde Veugelers

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

Inhoudstabel

1	Introductie.....	3
2	Gegevensverzameling en verwerking	5
3	Geografische toewijzing aan regio's en landen	7
4	Geografische toewijzing aan Vlaanderen en België.....	9
5	Benchmarklanden en -regio's.....	10
6	Indicatoren.....	12
7	Analyse van de gegevens.....	21
7.1	<i>Trends in wetenschappelijke publicaties in Vlaanderen en hun doorbraak-karakter</i>	23
7.2	<i>Internationale benchmarking van Vlaanderen op wetenschappelijke publicaties en hun doorbraak-karakter</i>	25
7.2.1	<i>Aandeel van Vlaanderen in Belgische, EU-27, en wereldwijde publicatieoutput</i>	25
7.2.2	<i>Vlaanderens relatieve sterkte in vernieuwende en impactvolle publicaties (CA-analyse).....</i>	27
7.2.3	<i>Vergelijking van Vlaanderen met benchmarklanden en -regio's</i>	29
7.2.3.1	<i>Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van vernieuwende publicaties</i>	30
7.2.3.2	<i>Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van vernieuwende publicaties met impact.....</i>	34
7.2.3.3	<i>Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van impactvolle publicaties</i>	37
7.3	<i>Trends in USPTO octrooien in Vlaanderen en hun doorbraak-karakter</i>	40
7.4	<i>Internationale benchmarking van Vlaanderen op USPTO Octrooien en hun doorbraak-karakter</i>	42
7.4.1	<i>Aandeel van Vlaanderen in Belgische, EU-27, en wereldwijde octrooioutput.....</i>	42
7.4.2	<i>Vlaanderens relatieve sterkte in vernieuwende en impactvolle octrooien (CA-analyse).....</i>	44
7.4.3	<i>Vergelijking van Vlaanderen met benchmarklanden en -regio's</i>	46
7.4.3.1	<i>Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van vernieuwende octrooien</i>	47
7.4.3.2	<i>Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van vernieuwende octrooien met impact.....</i>	49
7.4.3.3	<i>Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van impactvolle octrooien</i>	53
8	De rol van bedrijven en universiteiten in doorbraakonderzoek	56
9	Wetenschappelijk en technologisch doorbraakonderzoek in het biomedisch domein	63
9.1	<i>Wetenschappelijk doorbraakonderzoek in het biomedisch domein.....</i>	64
9.2	<i>Technologisch doorbraakonderzoek in het biomedisch domein.....</i>	66
10	Wetenschappelijk doorbraakonderzoek in STEM	68
11	Technologisch doorbraakonderzoek in Digitale en Elektronicatechnologie	71
12	Conclusie.....	73
13	Referenties	76

1 Introductie

Dit rapport is opgesteld in het kader van een VARIO-studieopdracht rond wetenschappelijk en technologisch doorbraakonderzoek in Vlaanderen. Het doel is om een diepgaand inzicht te bieden in de ontwikkeling en impact van wetenschappelijk onderzoek en technologie in de regio. We volgen deze evolutie in de tijd en plaatsen Vlaanderen in internationaal perspectief. Daarbij vergelijken we haar prestaties met die van de EU-27, andere toonaangevende regio's en landen, en met de wereld als geheel. Een voorbeeld hiervan is de analyse van het Vlaamse aandeel in de wereldwijde wetenschappelijke en technologische output.

Om het doorbraakkarakter van wetenschap en technologie te meten, combineren we twee dimensies: nieuwheid en impact. Nieuwheid verwijst naar de mate waarin een publicatie of octrooi daadwerkelijk nieuwe ideeën, concepten of kennis introduceert. Dit meten we op basis van unieke concepten die voor het eerst voorkomen in de tekst van wetenschappelijke publicaties of octrooien. Impact verwijst naar de invloed van deze nieuwe ideeën op vervolgonderzoek en technologische toepassingen, gemeten aan het aantal citaties of de mate waarin de ideeën worden overgenomen in latere publicaties en octrooien.

Door nieuwheid en impact samen te beschouwen, krijgen we een nauwkeurig beeld van het vermogen van een regio om haar internationale wetenschappelijke en technologische positie op te bouwen en te versterken via het genereren van originele doorbraakideeën.

Voor deze analyse maken we gebruik van twee uitgebreide databronnen: OpenAlex voor wetenschappelijke publicaties en PatentsView voor octrooigegevens. Deze datasets bieden een gedetailleerd beeld van hoe nieuwe wetenschappelijke en technologische ideeën ontstaan, zich verspreiden en verder worden ontwikkeld. Op basis van geolocatiegegevens kunnen publicaties en octrooien nauwkeurig worden toegewezen aan Vlaanderen en andere regio's of landen, via de adresinformatie van auteurs en uitvinders.

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

- **Sectie 2** bespreekt de gebruikte gegevensbronnen.
- **Secties 3 en 4** beschrijven de procedure om publicaties en octrooien te geolocaliseren.
- **Sectie 5** specificeert de benchmarklanden en -regio's.
- **Sectie 6** licht de gebruikte indicatoren toe.
- **Sectie 7** presenteert de analyse van Vlaanderens positie door de tijd heen en in vergelijking met andere regio's en landen.
- **Sectie 8** analyseert de rol van bedrijven en universiteiten in doorbraakonderzoek.

- **Secties 9, 10 en 11** zoomen in op drie strategisch belangrijke kennis- en technologiedomeinen voor Vlaanderen: het biomedisch domein, het STEM-domein en digitale en elektronicatechnologie.
- **Sectie 12** bevat een samenvattende conclusie met beknopte beleidsimplicaties.
- **Sectie 13** geeft een overzicht van de gebruikte literatuur en bronnen.

Deze opbouw laat ons toe om op systematische wijze de sterktes en zwaktes van Vlaanderen op het gebied van wetenschappelijke en technologische doorbraken in kaart te brengen wat gebruikt kan worden om aanbevelingen te formuleren die de innovatie- en concurrentiekracht van de regio kunnen versterken.

2 Gegevensverzameling en verwerking

We maken gebruik van twee primaire databronnen voor deze studie: PatentsView voor octrooigegevens en OpenAlex voor wetenschappelijke publicaties. Deze datasets vormen de kern van onze analyse en bieden gedetailleerde informatie over zowel technologische innovaties als wetenschappelijke ontdekkingen over een lange tijdshorizon.

Voor de wetenschappelijke publicaties gebruiken we gegevens van OpenAlex, die informatie bevat over alle wetenschappelijke publicaties over alle wetenschappelijke domeinen die zijn verschenen tussen 1901 en 2023. Dit omvat 75,295,921 artikelen, namelijk academische tijdschriftartikelen en gepubliceerde conferentiebijdragen. De data is afkomstig uit de snapshot van januari 2024 en is beschikbaar via

<https://openalex.s3.amazonaws.com/browse.html#data/works/>. Deze dataset bevat gedetailleerde informatie over auteurs, hun affiliaties (werkgevers) en adres, referenties, citaties en volledige tekst metadata (titel en abstract), wat essentieel is voor het meten van wetenschappelijke nieuwheid en impact.

Voor de octrooigegevens gebruiken we de volledige PatentsView-dataset, die alle Amerikaanse octrooien omvat die tussen januari 1976 en juni 2023 door het United States Patent and Trademark Office (USPTO) zijn verleend. In totaal gaat het om 7,699,249 octrooien. De data zijn in juli 2023 gedownload via de officiële PatentsView-website (<https://patentsview.org/download/data-download-tables>). PatentsView bestrijkt uitsluitend octrooien voor de Amerikaanse markt. Niet alle patenten van Vlaamse uitvinders zijn dus in deze dataset opgenomen; onze analyse heeft enkel betrekking op uitvindingen waarvoor ook in de Verenigde Staten van Amerika bescherming is aangevraagd. Omdat de Verenigde Staten een kernmarkt is voor veel technologisch geavanceerde producten en diensten, worden Amerikaanse octrooien doorgaans ingediend voor de meest belangrijke innovaties. Het grote voordeel van PatentsView is de rijke en gedetailleerde informatie per octrooi: gegevens over uitvinders en hun verblijfplaats, technologische classificaties, indienings- en toekenningsdata, citatiegegevens en de volledige tekst van titel, abstract en claims. Deze granulaire informatie stelt ons in staat nieuwe technologische innovaties te identificeren en hun impact nauwkeurig te meten.

Beide datasets worden opgeslagen en verwerkt op een SQL-server van KU Leuven, waar ze worden geharmoniseerd, opgeschoond en gestructureerd voor verdere analyse. Dit omvat het standaardiseren van auteursnamen en affiliaties, het koppelen van geografische informatie en het verwijderen van duplicaten. Op die manier kunnen we de gegevens nauwkeurig analyseren en betrouwbare inzichten krijgen in de nieuwheid en impact van wetenschappelijk onderzoek en technologische innovaties.

De patentgegevens worden beheerd door het United States Patent and Trademark Office (USPTO) en via PatentsView verspreid. PatentsView voert aan de bron al harmonisatie, disambiguatie en structurering uit, zodat de gegevens in een consistent formaat beschikbaar zijn en weinig extra opschoning vergen.

De publicatiegegevens van OpenAlex zijn daarentegen afkomstig van uiteenlopende uitgevers, tijdschriften, disciplines en periodes, wat tot inconsistenties in de metadata kan leiden. Daarom passen wij de opschoningsprocedure van Arts et al. (2025) toe, gedetailleerd gedocumenteerd op <https://zenodo.org/records/13902060>. Concreet behouden we alleen publicaties met een Engelse titel en abstract, volledige uitgeversinformatie, een geldige impactfactor voor het publicatiejaar, minstens één auteur, een niet-lege titel en zonder dubbele titels of abstracts. Deze filtering garandeert een uniforme dataset en verwijdert onvolledige of dubbelzinnige vermeldingen.

3 Geografische toewijzing aan regio's en landen

Zowel OpenAlex als PatentsView bevatten geolocatie gegevens, die we standaardiseren via reverse geocoding om consistentie te waarborgen in de geografische toewijzing van wetenschappelijke publicaties en octrooien. In beide datasets wordt een locatie gedefinieerd als een unieke combinatie van breedte- en lengtegraad, gekoppeld aan de fysieke locatie van een uitvinder (in PatentsView) of de wetenschappelijke affiliatie van een auteur (in OpenAlex).

Voor consistentie focussen we ons exclusief op de locaties van uitvinders in PatentsView en de auteursaffiliaties in OpenAlex. In PatentsView is elke uitvinder gekoppeld aan een opgegeven stad en landcode, zoals vermeld in de oorspronkelijke octrooiaanvraag. PatentsView verwerkt deze vermeldingen via een disambiguatieproces waarbij namen worden gestandaardiseerd en duplicaten worden samengevoegd om correcte identificatie van uitvinders te garanderen. Elke unieke combinatie van stad en land wordt vervolgens toegewezen aan een geografische coördinaat die het centrum van de betreffende stad, dorp of regio vertegenwoordigt. Deze coördinaten zijn beschikbaar in de PatentsView-dataset.

In OpenAlex kan elke auteur verbonden zijn aan één of meerdere affiliaties. Deze affiliaties bevatten doorgaans volledige institutionele adresgegevens, inclusief straat, stad, postcode en land. OpenAlex codeert deze adressen om een breedte- en lengtegraad te genereren die de fysieke locatie van de instelling in de affiliatie weerspiegelt. Ook deze coördinaten zijn beschikbaar in de OpenAlex-dataset.

We gebruiken de Geopy Python-bibliotheek om reverse geocoding uit te voeren op de volledige set unieke breedte- en lengtegraadcoördinaten die uit beide datasets zijn gehaald. Geopy retourneert geharmoniseerde geografische metadata volgens de GeoNames-standaard, die locatiedata structureert in vier hiërarchische niveaus:

1. Land – Het hoogste geografische niveau, zoals België.
2. Eerste-orde administratieve divisie – Typisch een staat, provincie of regio, zoals Vlaanderen.
3. Tweede-orde administratieve divisie – Vaak een county of district, zoals Antwerpen.
4. Localiteit – De specifieke stad, dorp of gemeente, zoals Leuven.

Deze aanpak zorgt ervoor dat we wetenschappelijke publicaties en octrooien op een consistente en nauwkeurige manier kunnen toewijzen aan specifieke geografische regio's, wat essentieel is voor het correct analyseren van regionale patronen.

Voor de toewijzing van publicaties en octrooien aan regio's en landen fractioneren we internationale output niet. Een publicatie of octrooi waarvan Vlaanderen mede-auteur of -uitvinder is, telt volledig mee voor Vlaanderen én volledig voor elke andere betrokken regio, bijvoorbeeld Zwitserland. Internationale samenwerking is immers een essentiële modus van kennisproductie: alle partners leveren een eigen, niet eenvoudig kwantificeerbaar aandeel en de combinatie van kennis leidt vaak tot resultaten met een hogere impact. Fractionering op

basis van het aantal auteurs geeft slechts een ruwe benadering van ieders bijdrage en zou de betekenis en het belang van grensoverschrijdende samenwerking onderschatten.

4 Geografische toewijzing aan Vlaanderen en België

Met behulp van de reverse-geocodeerde output, gebaseerd op de GeoNames-standaard, identificeren we alle vermeldingen waarbij het land als België is geclassificeerd en de eerste-orde administratieve divisie is gelabeld als Vlaanderen. Dit proces stelt ons in staat om wetenschappelijke publicaties en octrooien nauwkeurig toe te wijzen aan Vlaamse instellingen en uitvinders. Voor octrooigegevens identificeerden we in totaal 1.801 unieke locaties in België, waarvan 885 in Vlaanderen. Voor wetenschappelijke publicaties vonden we 889 unieke locaties in België, waarvan 301 in Vlaanderen. Om de nauwkeurigheid van deze toewijzingen te waarborgen, hebben we elke unieke locatie die aan Vlaanderen is toegewezen handmatig gecontroleerd. Dit zorgt ervoor dat de gegevens correct zijn toegewezen aan de juiste regio.

5 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 -regio, maken we gebruik van de gestandaardiseerde geografische labels die door Geopy worden gegenereerd. Toewijzingen op landniveau worden direct gemaakt op basis van de landcode die door Geopy wordt verstrekt. Voor toewijzingen op regioniveau gebruiken we een handmatige correspondentietabel die eerste- en tweede-orde administratieve divisies koppelt aan hun respectieve benchmarkregio's.

Indien een regio of land te weinig observaties oplevert om consistente indicatoren te berekenen, nemen we die niet telkens op in de grafieken. Bij de landen gaat het bijvoorbeeld om Spanje en Ierland; bij de regio's om onder meer Mittelland, Nordwestschweiz, Ostschweiz, Zentralschweiz, Ticino, Tübingen, Stuttgart, Sydsverige en Utrecht. Alle gegevens voor alle landen en regio's blijven wel beschikbaar in de bijgevoegde Excel-bestanden.

De trend in het aantal vernieuwende of impactvolle publicaties en octrooien wordt steeds vergeleken met de trend in het totale aantal publicaties of octrooien. Zodoende kunnen we identificeren of Vlaanderen zijn capaciteit om baanbrekende kennis te produceren sneller laat groeien dan zijn algemene wetenschappelijke en technologische output, op gelijke snelheid blijft of juist achteropraakt. Deze relatieve benadering maakt het mogelijk vast te stellen of Vlaanderen zich in toenemende mate specialiseert in doorbraakonderzoek en daarmee zijn internationale positie versterkt.

Voor de internationale positionering van Vlaanderen volgen we de evolutie van haar aandeel in drie afzonderlijke categorieën: (1) het totale aantal publicaties/octrooien, (2) het aantal vernieuwende publicaties/octrooien, en (3) het aantal impactvolle publicaties/octrooien. Voor elk van deze categorieën berekenen we hoe groot het aandeel van Vlaanderen is binnen de nationale output van België, binnen de output van de EU-27 en binnen de wereldwijde output.

Om Vlaanderen te vergelijken met andere landen en regio's, houden we rekening met verschillen in schaalgrootte. Daarom gebruiken we in de benchmarkanalyse de **Comparative Advantage-indicator (CA)**, een standaardmaat die de specialisatie van een regio meet, gecorrigeerd voor omvang. De indicator wordt als volgt gedefinieerd:

$$CA_{i,VL} = \frac{\frac{\text{Aantal publicaties/octrooien van Vlaanderen in categorie } i}{\text{Totale publicatie-/octrooiproductie van Vlaanderen}}}{\frac{\text{Aantal publicaties/octrooien wereldwijd in categorie } i}{\text{Totale wereldwijde publicatie-/octrooiproductie}}}$$

waar i staat voor hoge nieuwheid of hoge impact.

- **CA = 1:** Vlaanderen heeft in categorie i een aandeel dat overeenkomt met het wereldgemiddelde.
- **CA > 1:** Vlaanderen bezit een comparatief voordeel (specialisatie) in categorie i .
- **Stijgende CA:** het comparatieve voordeel wordt sterker overheen de tijd.

Deze indicator laat toe om na te gaan of Vlaanderen zich sterker dan gemiddeld toelegt op vernieuwende of impactvolle kennisproductie, en of dit verschilt ten opzichte van andere landen of regio's.

6 Indicatoren

Hieronder volgt een overzicht van de indicatoren die we gebruiken om de nieuwheid en de impact van wetenschappelijke publicaties en octrooien te analyseren. Om het doorbraakkarakter van kenniscreatie te vatten, richten we ons in het bijzonder op hoge nieuwheid en hoge impact. Nieuwheid duidt op de mate waarin een publicatie of octrooi op het moment van verschijnen (ex-ante) nieuwe ideeën, methoden of inzichten introduceert ten opzichte van de bestaande state-of-the-art. Impact verwijst naar de invloed die een publicatie of octrooi later (ex-post) heeft op vervolgonderzoek, gemeten via het aantal verkregen citaties of, bij nieuwe ideeën, via het aantal latere documenten die op die ideeën voortbouwen. Voor meer duiding en voorbeelden verwijzen we graag naar Arts et al. (2025).

We passen deze indicatoren toe op zowel wetenschappelijke publicaties als octrooien, en dit afzonderlijk. Wanneer we in de context van wetenschappelijke publicaties spreken over citaties, verwijst dit naar verwijzingen door andere wetenschappelijke artikelen, en niet naar octrooien. Omgekeerd, wanneer we in de context van octrooien spreken over het hergebruik van woordgroepen, verwijst dit naar hergebruik door andere octrooien, en niet door wetenschappelijke publicaties.

Bij de constructie van indicatoren houden we rekening met de specifieke wetenschaps- en technologiedomeinen waarbinnen ideeën zich ontwikkelen en het jaar waarin ze verschijnen. Voor wetenschappelijke publicaties wordt het domein bepaald aan de hand van het specifieke deelgebied volgens de OpenAlex-classificatie.¹ Voor octrooien wordt het technologisch domein bepaald op basis van de technologische classificatie volgens het 4-cijferige CPC-niveau.²

Box 1 hieronder bevat de volledige variabelenlijst met naam en beschrijving. De naam van de variabele is exact dezelfde als in de bijgeleverde data bestanden. Uit die lijst selecteren we voor de analyse in sectie 7 de volgende kernindicatoren:

num_papers / num_patents meet het aantal wetenschappelijke artikelen of octrooien dat aan een bepaalde regio of land is toegewezen in een bepaald jaar. Deze indicator biedt inzicht in de totale wetenschappelijke en technologische output per locatie en tijdsperiode onafhankelijk

¹ Elke publicatie behoort tot exact één van de 252 unieke deelgebieden. Een beschrijving van de methodologie is beschikbaar via <https://docs.openalex.org/api-entities/topics>, en de volledige lijst van deelgebieden is te vinden op <https://api.openalex.org/topics>.

² Elke octrooi wordt toegewezen aan exact één van de 641 unieke technologische subclasses, op basis van de eerste subclass die vermeld wordt in het octrooidocument. De volledige lijst en definities zijn beschikbaar op <https://www.cooperativepatentclassification.org/cpcSchemeAndDefinitions/table>

van de nieuwheid of de impact van de artikelen of octrooien. Zij vormt de basis van de populatie waarbinnen doorbraken zich situeren.

novell10_new_phrase meet het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) op basis van het aantal nieuwe zelfstandige naamwoordgroepen die voor de eerste keer in die documenten voorkomen, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Deze indicator identificeert de meest vernieuwende publicaties of octrooien door te kijken naar de hoeveelheid unieke nieuwe concepten die ze introduceren. Uit de grotere keuze aan nieuwheidsindicatoren (cf Box 1) nemen we in dit rapport als basis-indicator hoe documenten scoren in de top 10% van novelty binnen hun domein en jaar, omdat dit het sterkst verbonden is met doorbraken (Arts et al. 2025, Wang et al. 2017). Publicaties die tot deze groep behoren, worden beschouwd als zeer origineel omdat ze relatief veel nieuwe ideeën bevatten in vergelijking met andere documenten binnen hetzelfde jaar en domein. Als eerste alternatieve maatstaf kijken we ook naar ***novell_new_phrase***, het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 1% (99^e percentiel) op basis van het aantal nieuwe zelfstandige naamwoordgroepen die voor de eerste keer in die documenten voorkomen, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Deze 1%-indicator identificeert nog sterker dan de 10% versie, de meest vernieuwende publicaties of octrooien binnen hetzelfde jaar en domein. Omdat de aantallen vaak te klein zijn voor deze indicator om robuuste resultaten te genereren, bespreken we deze alternatieve indicator in sectie 7 enkel in de tekst en enkel voor publicaties.

Een tweede alternatieve maatstaf om het aantal originele en vernieuwende publicaties te meten is ***novell10_cd***. Deze indicator meet het aantal wetenschappelijke publicaties binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) op basis van de CD-index (Disruptiveness Index), zoals ontwikkeld door Park et al. (2023). Deze alternatieve indicator voor nieuwheid meet de mate waarin een document bestaande kennistradities doorbreekt en nieuwe onderzoekslijnen opent. Documenten met een hoge CD-score worden vaak geciteerd door vervolgonderzoek, terwijl de documenten waarnaar ze zelf verwijzen minder vaak worden geciteerd. Dit identificeert publicaties die een sterke invloed hebben op de richting van toekomstig onderzoek, door bestaande kennistradities te doorbreken en nieuwe onderzoekslijnen te openen. Gelieve te noteren dat deze indicator enkel beschikbaar is voor publicaties, niet voor octrooien.

Voor impact gebruiken we in sectie 7 ***impact10_citations***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) in termen van het aantal verkregen citaties, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Deze indicator wordt standaard gebruikt om aan te geven hoeveel wetenschappelijke publicaties of octrooien een sterke invloed hebben gehad op vervolgonderzoek.

Als alternatief voor het gebruik van citaties als maatstaf om impact te meten, gebruiken we *reuse10_new_phrase_reuse*: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) op basis van het totale aantal nieuw geïntroduceerde woordgroepen gewogen aan de hand van hoe vaak deze woordgroepen later opnieuw worden gebruikt in andere wetenschappelijke publicaties of octrooien. Deze indicator identificeert documenten die niet alleen veel nieuwe ideeën introduceren, maar waarvan de ideeën ook breed worden overgenomen door andere onderzoekers.

Hieronder volgen enkele voorbeelden van Vlaamse wetenschappelijke publicaties en octrooien die tot de top behoren op één of meerdere van de gehanteerde indicatoren. Gelieve te noteren dat in de bijgevoegde dataset die aan VARIO wordt overgemaakt, een volledig en gedetailleerd overzicht wordt opgenomen van alle Vlaamse publicaties en octrooien over de ganse tijdsperiode (1975-2023) die behoren tot de top op minstens één van deze indicatoren. Voor elk van deze documenten worden daarbij de namen van de auteurs of uitvinders, hun affiliaties, de titel, het publicatie- of aanvraagjaar, het tijdschrift en de scores op alle indicatoren systematisch weergegeven.

- Een voorbeeld van een Vlaamse wetenschappelijke publicatie die tot de top meest vernieuwende behoort volgens de *novell10_new_phrase*-indicator is getiteld “Non-nucleoside reverse transcriptase inhibitors (NNRTIs)”, gepubliceerd in 1994 in het tijdschrift *Expert Opinion on Investigational Drugs* door Erik De Clercq (Rega Instituut, KU Leuven). De paper introduceerde de term NNRTIs (non-nucleoside reverse transcriptase inhibitors), een nieuwe klasse hiv-remmers die het virus via een ander mechanisme dan klassieke therapieën bestrijdt. De term NNRTIs werd nadien op grote schaal overgenomen in de literatuur, met meer dan 3.800 vervolgpublishaties.
- Een ander voorbeeld van een zeer vernieuwende publicatie volgens de *novell10_new_phrase*-indicator is “Morphometric Analysis of Human Bone Biopsies: A Quantitative Structural Comparison of Histological Sections and Micro-Computed Tomography”, gepubliceerd in 1998 in het tijdschrift *Bone* door onder andere Bart Van Damme, Georges Van der Perre en J. Dequeker (KU Leuven), in samenwerking met internationale collega's. De paper introduceerde de term microCT (micro-computed tomography) als nieuwe techniek voor driedimensionale beeldvorming van botstructuur. De term microCT werd later meer dan 2200 keer hergebruikt in medische en biomechanische literatuur, wat het baanbrekende karakter van deze publicatie bevestigt.
- Een voorbeeld van een Vlaams octrooi is US5453425 uit 1995, met Willy Dries en Marc Francois van Janssen Pharmaceutica als uitvinders. Dit octrooi introduceerde voor het eerst de term “risperidone”, die nadien ongeveer 500 keer werd hergebruikt in andere octrooien. De verbinding risperidone werd later een van de meest voorgeschreven atypische antipsychotica wereldwijd. Risperidone werd ontwikkeld door Janssen Pharmaceutica in België en is wereldwijd op de markt. Het geldt als een van de eerste en succesvolste atypische antipsychotica en is opgenomen op de lijst van essentiële geneesmiddelen van de WHO.

- Een voorbeeld van een Vlaamse publicatie met veel wetenschappelijke impact in termen van ontvangen citaties is “Selective laser melting of nano-TiB₂ decorated AlSi10Mg alloy with high fracture strength and ductility”, gepubliceerd in 2017 in het tijdschrift *Acta Materialia*. De paper is geschreven door onder meer Jozef Vleugels, Jan Van Humbeeck en Jean-Pierre Kruth (KU Leuven), in samenwerking met internationale co-auteurs. De studie introduceerde baanbrekende toepassingen binnen Selective Laser Melting van metaalcomposieten.
- Een tweede voorbeeld van een publicatie met veel wetenschappelijke citaties is “Gas discharge plasmas and their applications”, gepubliceerd in 2002 in het tijdschrift *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* door onder meer Annemie Bogaerts (Universiteit Antwerpen). De paper geeft een breed en invloedrijk overzicht van toepassingen van gasontladingplasma’s in spectroscopie en materiaalkunde.

Box 1: Lijst van alle variabelen

- ***region / country***: De regio of het land waaraan een document (wetenschappelijk artikel of patent) is toegewezen, gebaseerd op de affiliatie van de auteur (voor wetenschappelijke artikelen) of de locatie van de uitvinder (voor octrooien). Dit geeft aan waar de kennisproductie heeft plaatsgevonden.
- ***Year***: Het publicatiejaar voor wetenschappelijke artikelen of het jaar waarin een octrooi wordt toegekend, variërend van 1975 tot 2023.
- ***num_papers / num_patents***: Het aantal unieke wetenschappelijke artikelen of octrooien dat aan een bepaalde regio of land is toegewezen in een bepaald jaar. Dit biedt inzicht in de totale wetenschappelijke en technologische output per locatie en tijdsperiode onafhankelijk van de nieuwheid of de impact van de artikelen of octrooien.
- ***total_new_phrase***: Het totale aantal unieke nieuwe zelfstandige naamwoordgroepen (noun phrases) dat voor de eerste keer voorkomt in wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een bepaald jaar. Dit is een maat voor de introductie van nieuwe ideeën en concepten. Ontbrekende waarden worden behandeld als 0 om de resultaten consistent te houden. Noun phrases (zelfstandige naamwoordgroepen) worden gebruikt om de kernconcepten in wetenschappelijke publicaties en octrooien te identificeren. Ze bestaan meestal uit een zelfstandig naamwoord als kern, vaak gecombineerd met bijvoeglijke naamwoorden of voorzetselgroepen die het kernidee specifieker maken. Deze groepen vatten vaak de belangrijkste ideeën van een document samen en vormen daarmee de basis voor het meten van nieuwheid in wetenschappelijke publicaties of octrooien.

- ***avg_new_phrase***: Het gemiddelde aantal nieuwe zelfstandige naamwoordgroepen per document (wetenschappelijk artikel of octrooi) binnen een regio of land in een bepaald jaar. Dit geeft aan hoe origineel individuele wetenschappelijke publicaties of octrooien gemiddeld zijn.
- ***total_new_phrase_comb***: Waar *total_new_phrase* alleen kijkt naar de eerste verschijning van individuele zelfstandige naamwoordgroepen (bijvoorbeeld “kunstmatige intelligentie” of “netwerkalgoritme”), meet *new_phrase_comb* de eerste verschijning van paarsgewijze combinaties van deze noun phrases. Dit betekent dat niet alleen afzonderlijke kernconcepten worden vastgelegd, maar ook hoe deze concepten voor het eerst samen worden gebruikt in dezelfde context. Bijvoorbeeld, als “kunstmatige intelligentie” en “netwerkalgoritme” voor het eerst samen in één publicatie voorkomen, wordt dit als een unieke combinatie geregistreerd. Dit is belangrijk omdat veel wetenschappelijke en technologische doorbraken niet alleen voortkomen uit volledig nieuwe ideeën, maar ook uit nieuwe combinaties van bestaande concepten. *total_new_phrase_comb* meet het totale aantal nieuwe combinaties over alle wetenschappelijke publicaties of octrooien in een regio of land in een bepaald jaar.
- ***avg_new_phrase_comb***: Het gemiddelde aantal nieuwe combinaties van zelfstandige naamwoordgroepen per document (wetenschappelijk artikel of octrooi) binnen een regio of land in een bepaald jaar. Dit geeft aan hoe origineel individuele wetenschappelijke publicaties of octrooien gemiddeld zijn.
- ***total_new_phrase_reuse***: Het totale aantal nieuw geïntroduceerde woordgroepen (noun phrases) binnen een bepaalde regio of land in een bepaald jaar, gewogen aan de hand van hoe vaak deze woordgroepen later opnieuw worden gebruikt in andere wetenschappelijke publicaties of octrooien. Dit betekent dat niet alleen het aantal unieke nieuwe woordgroepen wordt geteld, maar ook hoe vaak elke nieuwe woordgroep later opnieuw voorkomt. Dit biedt een nauwkeuriger beeld van de werkelijke invloed van nieuwe ideeën, omdat niet alleen de introductie telt, maar ook de mate waarin deze ideeën verder worden verspreid en geadopteerd door andere onderzoekers.
- ***avg_new_phrase_reuse***: Het gemiddelde van de hierboven beschreven indicator op het niveau van een individuele wetenschappelijke publicatie of octrooi binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar.
- ***total_new_phrase_comb_reuse***: Het totale aantal nieuwe paarsgewijze combinaties van zelfstandige naamwoordgroepen (noun phrases) die voor de eerste keer samen voorkomen in wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een bepaald jaar, gewogen aan de hand van hoe vaak deze combinaties later opnieuw worden gebruikt in andere publicaties of octrooien. Dit betekent dat niet

alleen de introductie van nieuwe combinaties van concepten wordt vastgelegd, maar ook hoe vaak deze combinaties vervolgens verder worden verspreid en opnieuw worden gebruikt door andere onderzoekers. Dit biedt een nauwkeuriger beeld van de invloed van nieuwe, samengestelde ideeën binnen een bepaald kennisdomein.

- ***avg_new_phrase_comb_reuse***: Het gemiddelde van de hierboven beschreven indicator (*total_new_phrase_comb_reuse*) op het niveau van een individuele wetenschappelijke publicatie of octrooi binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar.
- ***avg_n_citations***: Het gemiddelde aantal ontvangen citaties per wetenschappelijk artikel (tot en met januari 2024) of per octrooi (verkregen binnen vijf jaar na toekenning octrooi) binnen een bepaalde regio of land en jaar. Dit is een veelgebruikte maat voor wetenschappelijke of technologische impact.
- ***avg_cd***: De gemiddelde CD-index voor alle wetenschappelijke publicaties binnen een bepaalde regio of land in een bepaald jaar. De CD-index (of Disruptiveness Index) is ontwikkeld door Park et al. (2023) en meet de mate waarin een document bestaande kennistradities doorbreekt en nieuwe onderzoekslijnen opent. De berekening van de CD-index is gebaseerd op citatiepatronen en vergelijkt hoe vaak een document zelf wordt geciteerd tezamen met zijn referenties door latere studies. Een hoge CD-score betekent dat een document veel wordt geciteerd door vervolgonderzoek, terwijl de documenten waarnaar het zelf verwijst minder vaak worden geciteerd. Dit wijst erop dat het document nieuwe ideeën heeft geïntroduceerd die een nieuwe richting voor toekomstig onderzoek mogelijk maken, in plaats van bestaande kennis simpelweg uit te breiden. Met andere woorden, een hoge CD-score duidt op een publicatie die als referentiepunt dient voor nieuwe wetenschappelijke ontwikkelingen, terwijl een lage CD-score eerder wijst op een bijdrage die bestaande kennistradities bevestigt of verfijnt.
- ***novell0_new_phrase***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) op basis van het aantal nieuwe zelfstandige naamwoordgroepen (*new_phrase*) die voor de eerste keer in die documenten voorkomen, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Deze indicator identificeert de meest vernieuwende publicaties of octrooien door te kijken naar de hoeveelheid unieke nieuwe concepten die ze introduceren. Publicaties die tot deze groep behoren, worden beschouwd als zeer origineel omdat ze relatief veel nieuwe ideeën bevatten in vergelijking met andere documenten binnen hetzelfde jaar en domein.
- ***novell_new_phrase***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 1% (99^e percentiel)

op basis van het aantal nieuwe zelfstandige naamwoordgroepen (*new_phrase*) die voor de eerste keer in die documenten voorkomen, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Deze indicator identificeert de meest vernieuwende publicaties of octrooien door te kijken naar de hoeveelheid unieke nieuwe concepten die ze introduceren. Publicaties die tot deze groep behoren, worden beschouwd als zeer origineel omdat ze relatief veel nieuwe ideeën bevatten in vergelijking met andere documenten binnen hetzelfde jaar en domein.

- ***novell10_new_phrase_comb***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) op basis van het aantal unieke paarsgewijze combinaties van zelfstandige naamwoordgroepen (*new_phrase_comb*) die voor de eerste keer in die documenten voorkomen, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Deze indicator identificeert de meest vernieuwende publicaties of octrooien, omdat ze relatief veel unieke combinaties van bestaande concepten introduceren in vergelijking met andere documenten. Dit kan wijzen op publicaties die echte doorbraken vertegenwoordigen binnen hun kennisdomein.
- ***novell_new_phrase_comb***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 1% (99^e percentiel) op basis van het aantal unieke paarsgewijze combinaties van zelfstandige naamwoordgroepen (*new_phrase_comb*) die voor de eerste keer in die documenten voorkomen, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Deze indicator identificeert de meest vernieuwende publicaties of octrooien, omdat ze relatief veel unieke combinaties van bestaande concepten introduceren in vergelijking met andere documenten. Dit kan wijzen op publicaties die echte doorbraken vertegenwoordigen binnen hun kennisdomein.
- ***reuse10_new_phrase_reuse***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) op basis van het totale aantal nieuw geïntroduceerde woordgroepen (noun phrases), gewogen aan de hand van hoe vaak deze woordgroepen later opnieuw worden gebruikt in andere wetenschappelijke publicaties of octrooien. Deze indicator identificeert documenten die niet alleen veel nieuwe ideeën introduceren, maar waarvan de ideeën ook breed worden overgenomen door andere onderzoekers. Dit wijst op een grote invloed.
- ***reuse1_new_phrase_reuse***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 1% (99^e percentiel) op basis van het totale aantal nieuw geïntroduceerde woordgroepen (noun phrases), gewogen aan de hand van hoe vaak deze woordgroepen later opnieuw

worden gebruikt in andere wetenschappelijke publicaties of octrooien. Deze indicator identificeert documenten die niet alleen veel nieuwe ideeën introduceren, maar waarvan de ideeën ook breed worden overgenomen door andere onderzoekers. Dit wijst op een grote invloed.

- ***reuse10_new_phrase_comb_reuse***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) op basis van het totale aantal nieuwe paarsgewijze combinaties van zelfstandige naamwoordgroepen (*new_phrase_comb*) die voor de eerste keer samen voorkomen in die documenten, gewogen aan de hand van hoe vaak deze combinaties later opnieuw worden gebruikt in andere publicaties of octrooien. Deze indicator identificeert de meest invloedrijke documenten, omdat ze niet alleen unieke combinaties van bestaande concepten introduceren, maar ook uitzonderlijk vaak worden hergebruikt door andere onderzoekers, wat wijst op een grote wetenschappelijke of technologische impact.
- ***reuse1_new_phrase_comb_reuse***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 1% (99^e percentiel) op basis van het totale aantal nieuwe paarsgewijze combinaties van zelfstandige naamwoordgroepen (*new_phrase_comb*) die voor de eerste keer samen voorkomen in die documenten, gewogen aan de hand van hoe vaak deze combinaties later opnieuw worden gebruikt in andere publicaties of octrooien. Deze indicator identificeert de meest invloedrijke documenten, omdat ze niet alleen unieke combinaties van bestaande concepten introduceren, maar ook uitzonderlijk vaak worden hergebruikt door andere onderzoekers, wat wijst op een grote wetenschappelijke of technologische impact.
- ***impact10_citations***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) in termen van het aantal verkregen citaties, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Dit geeft aan hoeveel wetenschappelijke publicaties of octrooien een sterke invloed hebben gehad op vervolgonderzoek.
- ***impact1_citations***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien dat behoort tot de top 1% (99^e percentiel) in termen van het aantal verkregen citaties, relatief ten opzichte van alle publicaties of octrooien uit hetzelfde jaar en hetzelfde wetenschappelijke of technologische domein. Dit geeft aan hoeveel wetenschappelijke publicaties of octrooien een sterke invloed hebben gehad op vervolgonderzoek.
- ***novel10_cd***: Het aantal wetenschappelijke publicaties binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 10% (90^e percentiel) op basis van de CD-index (Disruptiveness Index), zoals ontwikkeld door Park et al. (2023). Deze index meet de mate waarin een document bestaande kennistradities doorbreekt en

nieuwe onderzoekslijnen opent. Documenten met een hoge CD-score worden vaak geciteerd door vervolgonderzoek, terwijl de documenten waarnaar ze zelf verwijzen minder vaak worden geciteerd. Dit identificeert de meest baanbrekende documenten, omdat ze niet alleen nieuwe ideeën introduceren, maar ook een sterke invloed hebben op de richting van toekomstig onderzoek, door bestaande kennistradities te doorbreken en nieuwe onderzoekslijnen te openen.

- ***novell_cd***: Het aantal wetenschappelijke publicaties of octrooien binnen een bepaalde regio of land in een specifiek jaar dat behoort tot de top 1% (99^e percentiel) op basis van de CD-index (Disruptiveness Index), zoals ontwikkeld door Park et al. (2023). Dit identificeert de meest baanbrekende documenten, omdat ze niet alleen nieuwe ideeën introduceren, maar ook een sterke invloed hebben op de richting van toekomstig onderzoek, door bestaande kennistradities te doorbreken en nieuwe onderzoekslijnen te openen.

7 Analyse van de gegevens

Dit hoofdstuk presenteert de belangrijkste bevindingen op basis van de eerder gedefinieerde indicatoren. We starten met de evolutie van de totale publicatie- en octrooioutput in Vlaanderen en onderzoeken vervolgens in welke mate deze output gekenmerkt wordt door nieuwheid en impact.

Nieuwheid vormt een eerste kernmaatstaf voor de doorbraakkwaliteit van kennisproductie. We analyseren in welke mate wetenschappelijke publicaties en octrooien vernieuwende inzichten en technologieën introduceren die de basis kunnen vormen voor belangrijke wetenschappelijke of technologische doorbraken. Als hoofdindicator hanteren we *novel10_new_phrase* (top 10%), aangezien deze maat het sterkst verband houdt met doorbraken (Arts et al., 2025). Ter controle op de robuustheid zijn ook alternatieve nieuwheidsindicatoren berekend. Deze bijkomende gegevens zijn aan VARIO bezorgd, maar worden in dit rapport niet afzonderlijk besproken.

Naast nieuwheid is ook hoge impact een essentiële maatstaf voor de doorbraakkwaliteit. Impact wordt gemeten aan de hand van citaties (*impact10_citations*) en het hergebruik van nieuwe concepten in latere publicaties of octrooien (*reuse10_new_phrase_reuse*). Deze laatste indicator weegt de oorspronkelijke nieuwheid van een publicatie of octrooi naar gelang de mate waarin de geïntroduceerde ideeën later worden opgepikt. Ook hier zijn alternatieve impactindicatoren, waaronder de top 1%, berekend en meegeleverd aan VARIO, maar niet afzonderlijk behandeld in deze analyse.

Voor beide dimensies analyseren we eerst de absolute trends in Vlaanderen, gevolgd door een vergelijking op internationaal niveau. Door de evolutie van het aantal vernieuwende en impactvolle publicaties en octrooien af te zetten tegen de totale output, kunnen we beoordelen of Vlaanderen zich relatief sterker of zwakker ontwikkelt in doorbraakgerichte kenniscreatie. Vervolgens positioneren we Vlaanderen op deze kenmerken ten opzichte van België, de EU-27 en een reeks geselecteerde benchmarklanden en -regio's binnen de EU.

Alle grafieken in dit rapport tonen vijfjaarlijkse voortschrijdende gemiddelden. Dit betekent dat het datapunt voor een bepaald jaar het gemiddelde is van dat jaar en de vier voorgaande jaren. Zo vertegenwoordigt bijvoorbeeld het datapunt voor 2000 het gemiddelde over de periode 1996–2000. Deze methode wordt toegepast om ruis te reduceren en de evolutie binnen Vlaanderen en tussen Vlaanderen en andere regio's overzichtelijker te maken, in het bijzonder bij indicatoren gebaseerd op kleinere aantallen, zoals USPTO-octrooien. Door kortetermijnschommelingen af te vlakken, maken deze gemiddelden de onderliggende trends duidelijker zichtbaar. Deze werkwijze wordt consistent toegepast doorheen het hele rapport. Alle onderliggende jaargegevens zonder voortschrijdend gemiddelde zijn afzonderlijk aangeleverd aan VARIO, zodat indien gewenst ook gedetailleerde jaarlijkse trends en ruwe tijdreeksen kunnen worden geanalyseerd.

De impactanalyse bestrijkt de periode 1975–2020.³ Latere jaren zijn wel opgenomen in de meegeleverde data, maar worden in dit rapport niet besproken vanwege het beperkte tijdsvenster voor het meten van impact. We richten ons op deze periode, de geselecteerde indicatoren en de gekozen benchmarklanden en EU-regio's, omdat die de meest robuuste en representatieve resultaten opleveren. De recentere jaren, aanvullende indicatoren en extra regio's zijn wel berekend en aan VARIO bezorgd, zodat zij indien gewenst verdere analyses kunnen uitvoeren.

In wat volgt presenteren we eerst de analyse voor wetenschappelijke publicaties (secties 7.1 en 7.2), gevolgd door de resultaten voor octrooien (secties 7.3 en 7.4). Door het relatief beperkte aantal USPTO-octrooien ten opzichte van publicaties vertonen de octrooitijdreeksen meer schommelingen, wat enige voorzichtigheid vereist bij de interpretatie van kortetermijnveranderingen.

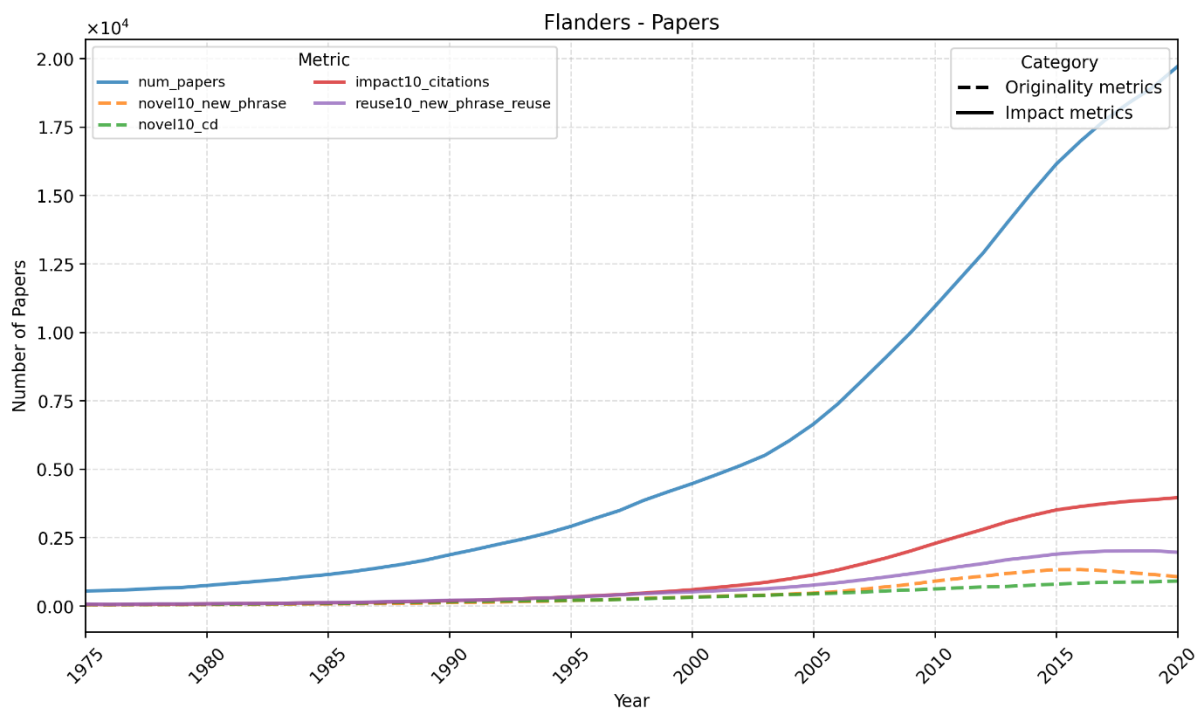
³ Het is belangrijk om te benadrukken dat de impactindicatoren in deze analyse — zowel voor wetenschappelijke publicaties als voor octrooien — gebaseerd zijn op latere publicaties en octrooien, zoals citaties en het hergebruik van nieuw geïntroduceerde concepten. Omdat het doorgaans meerdere jaren duurt voordat de volledige impact van een publicatie of octrooi zichtbaar wordt in vervolgonderzoek of vervolginnovaties, beperken we de analyse tot documenten gepubliceerd of aangevraagd tot en met 2020. Op die manier is er voldoende tijd verstreken om de impact betrouwbaar te meten en wordt vermeden dat recentere output systematisch wordt onderschat.

7.1 Trends in wetenschappelijke publicaties in Vlaanderen en hun doorbraak-karakter

We starten met de evolutie van het aantal wetenschappelijke publicaties in Vlaanderen. De trends in het aantal vernieuwende en impactvolle publicaties vergelijken we telkens met de groei van de totale output. Zo kunnen we nagaan in welke mate het Vlaamse wetenschapslandschap zich in toenemende mate kenmerkt door elementen van doorbraakkennis.

Zoals weergegeven in Figuur 1.1 kende Vlaanderen tussen 1975 en 2020 een sterke en consistente groei in wetenschappelijke output, met een gemiddelde jaarlijkse stijging van 8%. Deze groei concentreerde zich vooral in de laatste twee decennia. Tegelijkertijd steeg ook het aantal hooggeciteerde publicaties, zelfs sneller dan het totaal, waardoor het aandeel hoge-impactpublicaties toenam (Figuur 1.1b). Gemiddeld lag dit aandeel rond de 15% over de hele periode, wat beduidend hoger is dan de 10% die je op basis van de indicator zou verwachten. In de meest recente jaren is de groei van deze hoge-impactpublicaties echter trager verlopen dan die van de totale output, waardoor het aandeel licht is gedaald: van 22% in de periode 2010–2015 tot gemiddeld 20% in 2016–2020.

Figuur 1.1a: Aantal Wetenschappelijke Publicaties in Vlaanderen

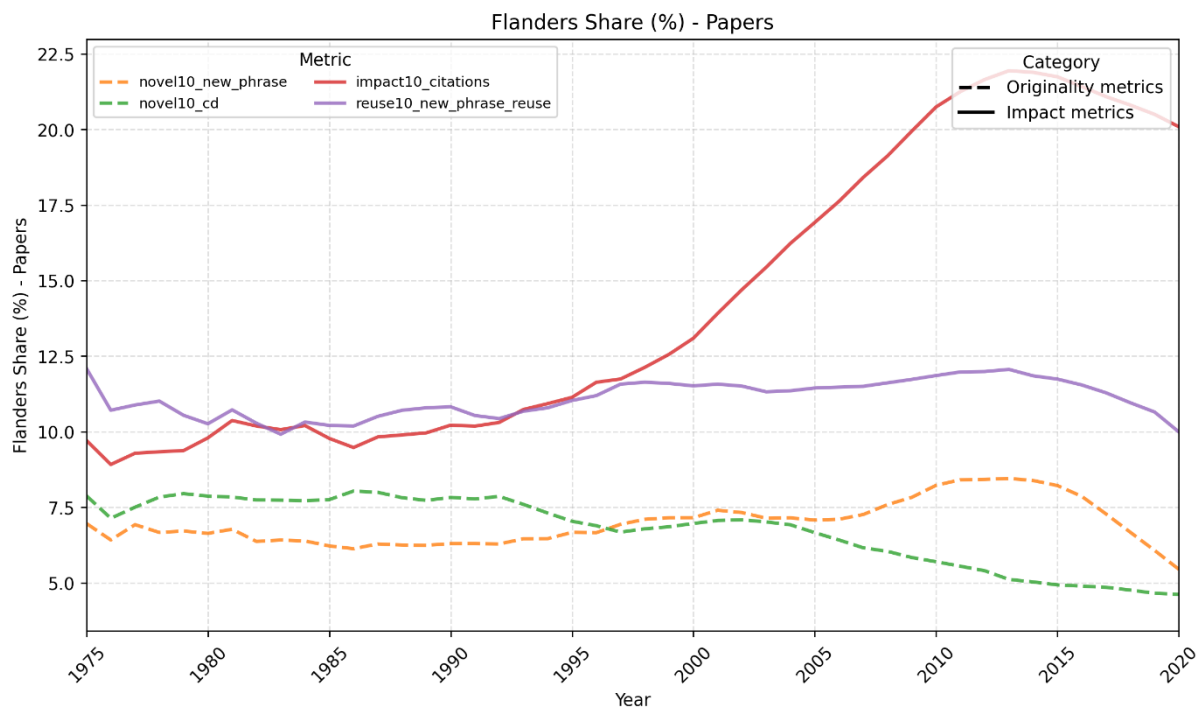


Ook het aantal publicaties met hoge nieuwheidswaarde nam toe, zij het niet substantieel sneller dan de totale productie. Vlaanderen kende in de beschouwde periode een gemiddelde jaarlijkse groei van 9,35% in het aantal vernieuwende publicaties (*novel10_new_phrase*), tegenover 8,24% voor het totaal. In recente jaren was er echter een terugval, waardoor het

aandeel vernieuwende publicaties relatief stabiel bleef rond de 7%, met een daling naar 5,4% in 2016–2020 (ten opzichte van 8% in 2010–2015, zie Figuur 1.1b).

Ten slotte blijft ook het aandeel publicaties met hoge nieuwheidswaarde, gewogen naar hergebruik in vervolgonderzoek (*reuse10_new_phrase_reuse*), relatief stabiel over de hele periode. Hoewel dit aandeel gemiddeld rond de 11% ligt, is ook hier recent een lichte daling zichtbaar: van 12% in 2010–2015 naar 10% in 2016–2020.

Figuur 1.1.b: Aandeel van Vernieuwende en Impactvolle Publicaties in Vlaanderen



7.2 Internationale benchmarking van Vlaanderen op wetenschappelijke publicaties en hun doorbraak-karakter

Een belangrijk onderdeel van deze analyse is de internationale positionering van Vlaanderen op het vlak van wetenschappelijke kenniscreatie, in het bijzonder met betrekking tot doorbraakeigenschappen zoals nieuwheid en impact. Deze analyse omvat drie onderdelen:

- **Sectie 7.2.1** brengt de evolutie in kaart van het aandeel van Vlaanderen in de totale publicatie-output van België, de EU-27 en de wereld. Dit deel schetst niet alleen de groei van Vlaanderen in termen van volume, maar ook in het aandeel van publicaties met een hoog doorbraakpotentieel.
- **Sectie 7.2.2** onderzoekt de relatieve sterkte van Vlaanderen op het vlak van vernieuwende en impactvolle publicaties ten opzichte van het wereldgemiddelde. Hiervoor gebruiken we de Comparative Advantage-indicator (CA), die toelaat om prestaties te vergelijken los van de absolute outputgrootte.
- **Sectie 7.2.3** vergelijkt Vlaanderen met een selectie van benchmarklanden en -regio's op basis van dezelfde drie kernindicatoren (*novel10_new_phrase*, *reuse10_new_phrase_reuse* en *impact10_citations*). Ook hier gebruiken we de CA-indicator om verschillen in schaalgrootte te neutraliseren en zo de positionering van Vlaanderen als kennisregio nauwkeurig te kunnen beoordelen.

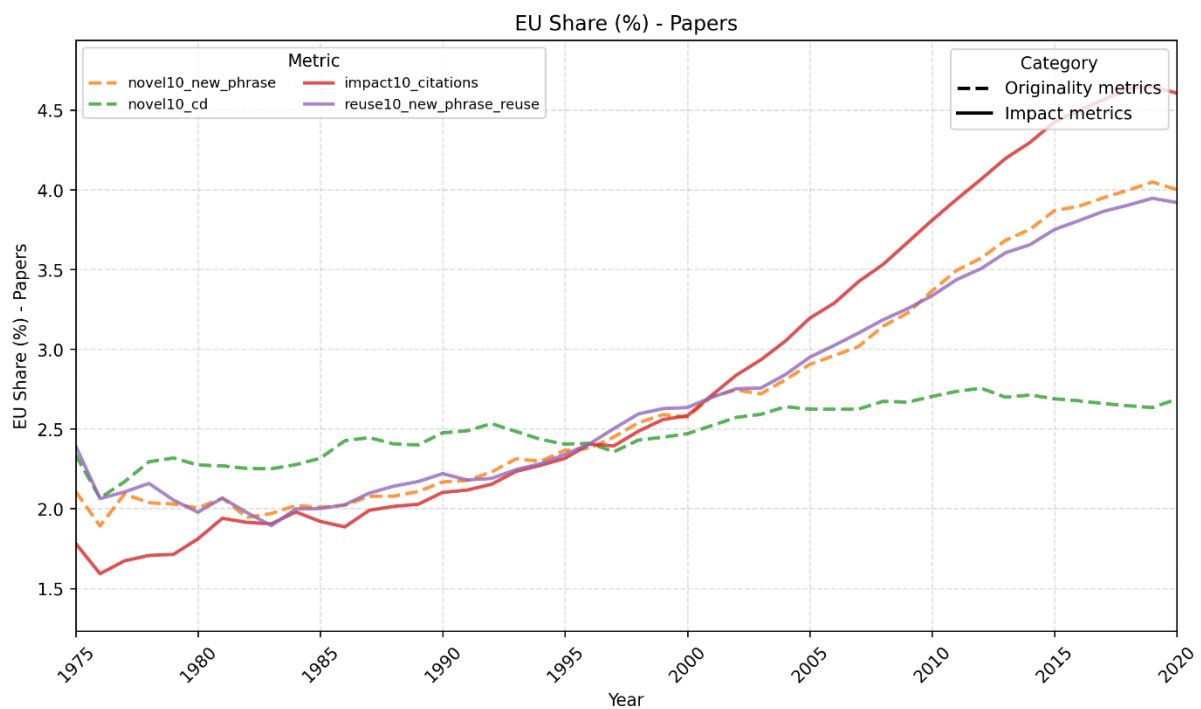
7.2.1 Aandeel van Vlaanderen in Belgische, EU-27, en wereldwijde publicatieoutput

Tussen 1975 en 2022 groeide de wetenschappelijke output van Vlaanderen gemiddeld met 8% per jaar, wat sneller is dan de gemiddelde jaarlijkse groei van zowel België (7%) als de EU-27 (7%). Vlaanderen heeft daarmee niet alleen het nationale en Europese groeipercentage overtroffen, maar ook zijn aandeel in de totale publicatie-output van België en de EU-27 geleidelijk vergroot. Het aandeel van Vlaanderen binnen België steeg van ongeveer 43% in 1975 tot meer dan 66% in 2022, wat wijst op een toenemende concentratie van wetenschappelijke productie in de regio. Ook binnen de EU-27 liet Vlaanderen een duidelijke groei optekenen: het aandeel in de Europese publicaties verdubbelde nagenoeg, van circa 2% in 1975 tot 3% in 2022. Dit bevestigt de wetenschappelijke dynamiek en strategische positionering van Vlaanderen binnen het Europese onderzoekslandschap.

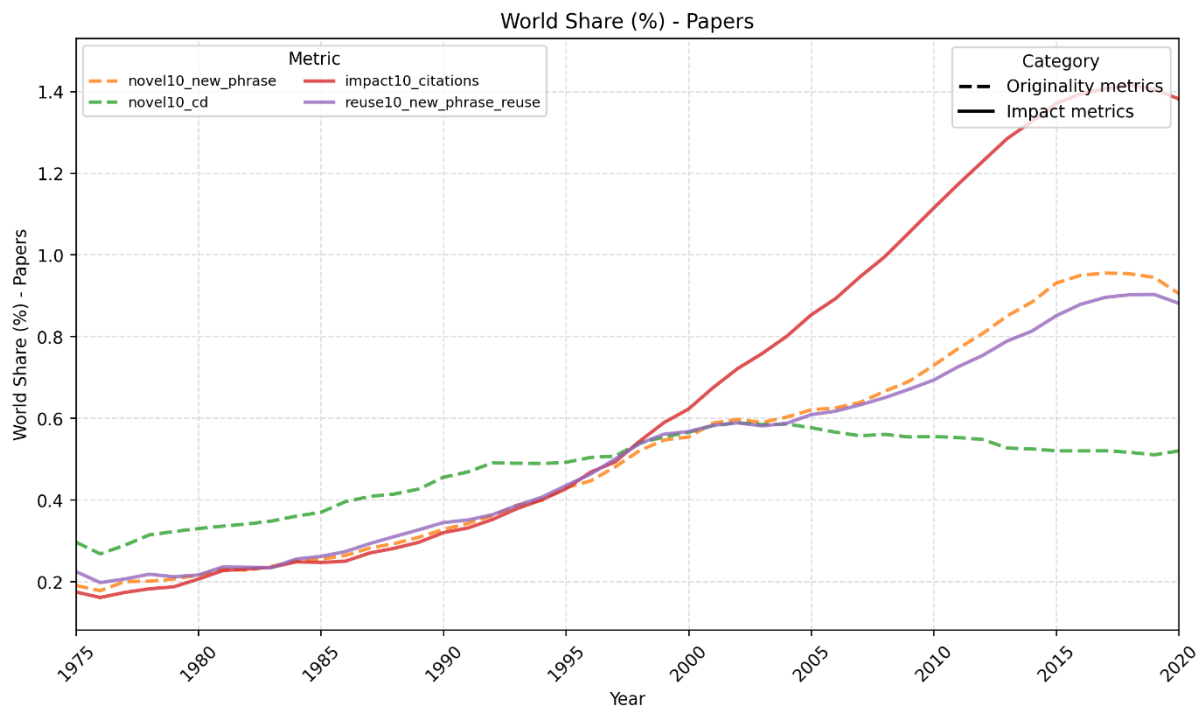
Naast deze groeiende rol binnen België en Europa heeft Vlaanderen ook haar bijdrage aan de wereldwijde wetenschappelijke output aanzienlijk weten uit te breiden. Waar Vlaanderen in 1975 nog slechts 0,18% van alle wereldwijde publicaties voor haar rekening nam, was dat aandeel in 2022 gestegen tot circa 0,67%. Deze bijna verviervoudiging onderstreept de versterkte internationale positie van Vlaanderen in de afgelopen decennia.

Niet alleen groeide het aantal Vlaamse publicaties sneller dan het wereldwijde gemiddelde, ook het aantal publicaties met hoge nieuwheid en hoge impact nam sterker toe dan binnen zowel de EU-27 als wereldwijd. Daardoor steeg het aandeel van Vlaanderen in de Europese en globale output van vernieuwende en impactvolle publicaties, zoals weergegeven in Figuur 2.1a en 2.1b. Vooral de toename van hooggeciteerde publicaties springt in het oog: terwijl Vlaanderen in 1975 nog minder dan 0,17% van de wereldwijde hoge-impactpublicaties voor zijn rekening nam, was dat aandeel in 2015 opgelopen tot bijna 1,46%. Sindsdien is echter een lichte daling merkbaar in Vlaanderen's aandeel in zowel vernieuwende als impactvolle publicaties. Dit onderstreept hoe uitdagend het is om zulke sterke groeitrends op lange termijn vast te houden.

Figuur 2.1a: Aandeel van Vlaanderen in de EU-27 Output van Vernieuwende en Impactvolle Publicaties



Figuur 2.1b: Aandeel van Vlaanderen in de Wereldwijde Output van Vernieuwende en Impactvolle Publicaties



7.2.2 Vlaanderens relatieve sterkte in vernieuwende en impactvolle publicaties (CA-analyse)

Figuur 2.2 toont de evolutie van het comparatief voordeel (CA) van Vlaanderen ten opzichte van de wereld voor publicaties met hoge nieuwheid en hoge impact. Vlaanderen vertoont een CA-score boven 1 voor publicaties met hoge nieuwheid (*novel10_new_phrase*), wat wijst op een duidelijk comparatief voordeel op dit vlak. Dit voordeel is doorheen de tijd verder versterkt, al is in het laatste decennium een lichte daling merkbaar.

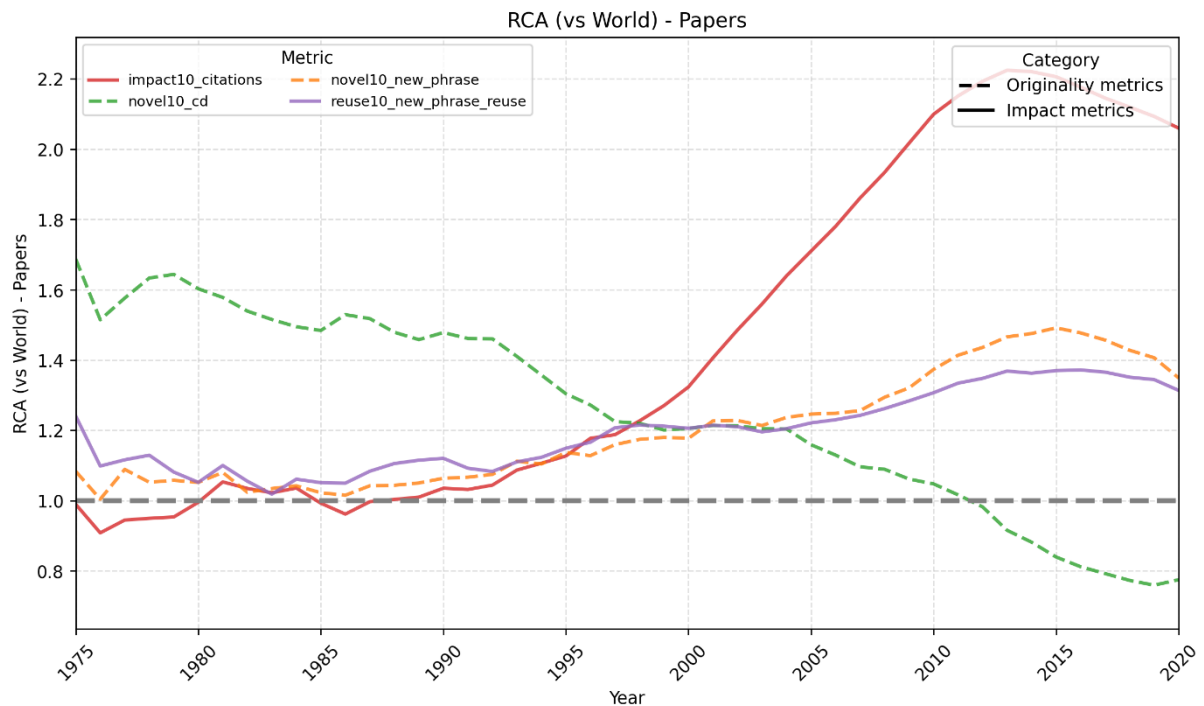
Ook voor publicaties met vernieuwende ideeën die breed zijn opgepikt in latere wetenschappelijke literatuur (*reuse10_new_phrase_reuse*), heeft Vlaanderen zijn positie stelselmatig weten uit te bouwen. De stijgende CA-score geeft aan dat Vlaanderen internationaal sterker is geworden in de productie van publicaties die niet alleen originele concepten introduceren, maar ook breed navolging krijgen. Toch zien we ook voor deze indicator een lichte daling in de meest recente jaren.

De opvallendste stijging is zichtbaar bij publicaties die behoren tot de top 10% meest geciteerde artikelen (*impact10_citations*). De groei in dit segment overtreft niet alleen de algemene groei van Vlaanderen's publicatie-output, maar ook die van de wereldwijde hoge-impactoutput. Vlaanderen heeft hiermee zijn internationale positie als centrum voor wetenschappelijk onderzoek met grote invloed aanzienlijk versterkt. Figuur 2.2 toont echter

aan dat ook dit comparatief voordeel recent een lichte terugval kent, al blijft het niveau nog steeds uitgesproken hoog.

In het volgende onderdeel vergelijken we Vlaanderen met een selectie van benchmarklanden en -regio's voor de belangrijkste doorbraakindicatoren van wetenschappelijke kenniscreatie.

Figuur 2.2: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende en Impactvolle Publicaties (t.o.v. Wereld)



7.2.3 Vergelijking van Vlaanderen met benchmarklanden en -regio's

In dit deel vergelijken we Vlaanderen met een selectie van benchmarklanden en -regio's aan de hand van drie kernindicatoren die het doorbraakpotentieel van wetenschappelijke publicaties meten: (1) publicaties met hoge nieuwheid (*novel10_new_phrase*), (2) publicaties met hoge nieuwheid die bovendien breed worden hergebruikt in vervolgonderzoek (*reuse10_new_phrase_reuse*), en (3) publicaties die behoren tot de 10% meest geciteerde artikelen wereldwijd (*impact10_citations*). Voor elk van deze drie indicatoren voeren we vergelijkingen uit op drie niveaus:

Ten eerste vergelijken we Vlaanderen met een brede groep internationale referentielanden en -regio's buiten de EU, waaronder het Verenigd Koninkrijk (UK), Zwitserland (CH), de Verenigde Staten (US), Japan (JP), China (CN), Zuid-Korea (KR), Israël (IL), en Singapore (SG). Ook de Europese Unie als geheel (EU-27) wordt in deze analyse opgenomen om de evolutie van Vlaanderen te kunnen plaatsen binnen de bredere Europese context. Voor deze vergelijkingen gebruiken we de Comparative Advantage-indicator (CA), waarbij de wereldwijde output als referentie dient. Dit laat toe om verschillen in schaalgrootte te neutraliseren en de relatieve sterkte van Vlaanderen als kennisregio in een mondiale context te beoordelen.

Ten tweede analyseren we de positie van Vlaanderen ten opzichte van een set van Europese benchmarklanden die ook door de Vlaamse overheid en VARIO worden gehanteerd, namelijk: Oostenrijk (AT), Denemarken (DK), Duitsland (DE), Finland (FI), Frankrijk (FR), Italië (IT), Spanje (ES), Ierland (IE), Nederland (NL) en Zweden (SE). België (BE) wordt hier eveneens opgenomen om Vlaanderen binnen de nationale context te positioneren. Voor deze vergelijking gebruiken we opnieuw de CA-indicator, deze keer met de EU-27-output als referentiekader.

Ten derde vergelijken we Vlaanderen met een reeks toonaangevende Europese regio's die door VARIO als benchmarks worden beschouwd. Het gaat om de volgende regio's:

- **Zwitserland:** Zürich, Région Lémanique, Espace Mittelland, Nordwestschweiz, Ostschweiz, Zentralschweiz, Ticino
- **Duitsland:** Oberbayern, Karlsruhe, Tübingen, Stuttgart
- **Zweden:** Stockholm, Sydsverige
- **Denemarken:** Hovedstaden
- **Finland:** Helsinki-Uusimaa

Ook hier gebruiken we de CA-indicator met de EU-27-output als referentie om verschillen in schaalgrootte te corrigeren en Vlaanderen nauwkeurig te positioneren binnen het Europese regionale onderzoekslandschap.⁴

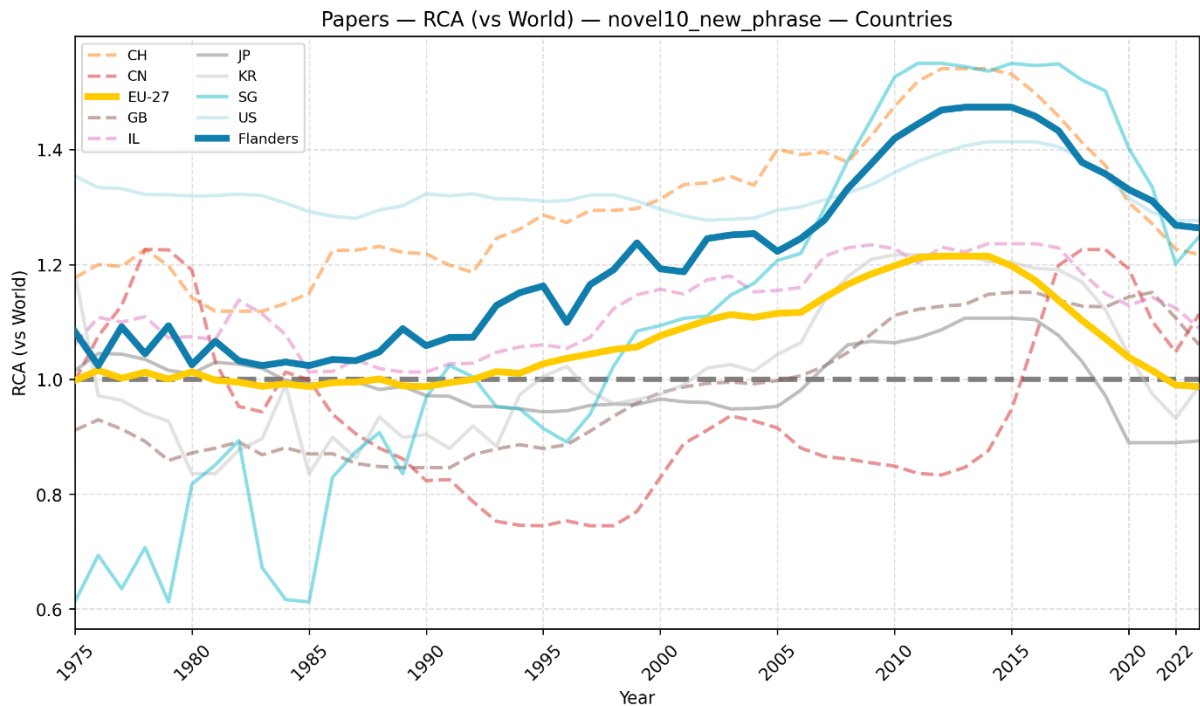
In sommige grafieken is, vanwege het grote aantal benchmarklanden en -regio's en de schommelingen over de tijd, de evolutie per individuele regio of land niet altijd even duidelijk afleesbaar. Daarom worden Vlaanderen en de EU-27 in de grafieken vet weergegeven, zodat hun positie en evolutie visueel duidelijk zichtbaar zijn. De onderliggende gegevens zijn in detail aangeleverd aan VARIO, zodat zij indien gewenst zelf verdere analyses kunnen uitvoeren of specifieke landen en regio's nader kunnen onderzoeken.

7.2.3.1 Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van vernieuwende publicaties

Figuren 2.3a, 2.3b, en 2.3c tonen de evolutie van het comparatief voordeel (CA) van Vlaanderen in publicaties die vernieuwende inzichten en concepten introduceren. De gebruikte indicator, *novell0_new_phrase*, identificeert publicaties die tot de top 10% behoren binnen hun domein en publicatiejaar op basis van de introductie van originele, nieuwe concepten.

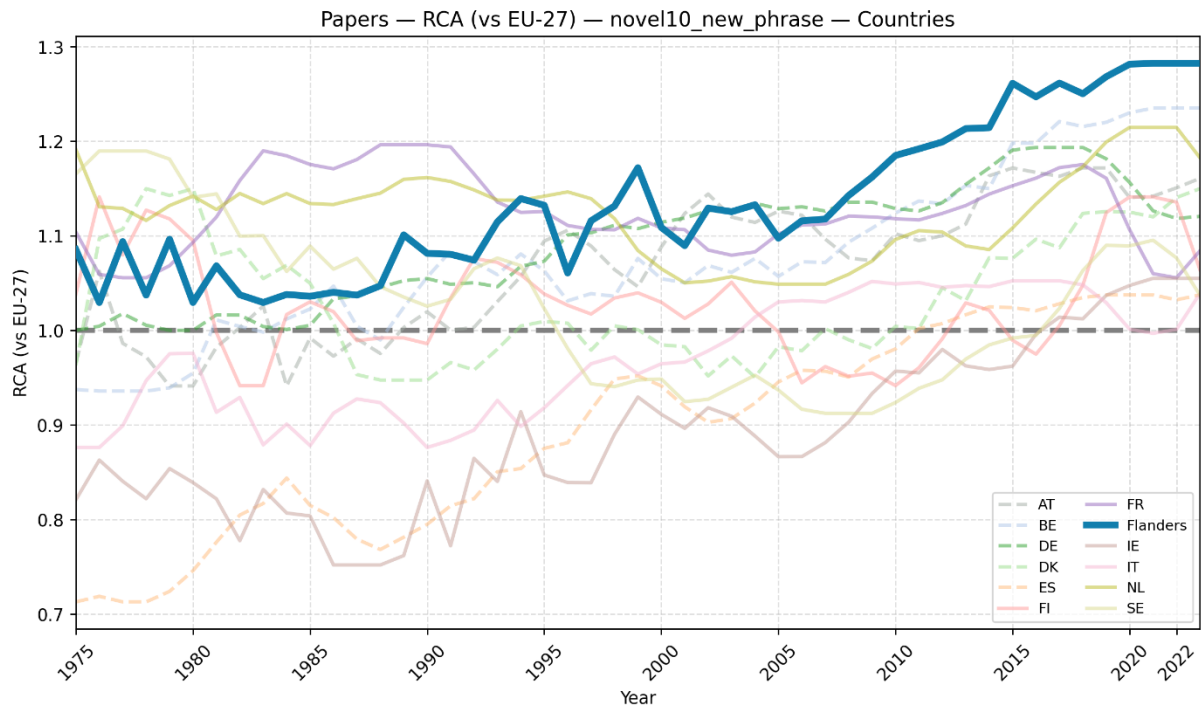
⁴ Hoewel Zwitserland geen deel uitmaakt van de EU-27, worden de Zwitserse regio's wel opgenomen omdat VARIO deze gebruikt als benchmarkregio's. Zwitserland zelf wordt echter niet meegenomen in de berekening van het relatief comparatief voordeel (RCA) en heeft dus geen invloed op de comparatieve voordeelindex (CA) van Vlaanderen of andere regio's.

Figuur 2.3a: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende Publicaties t.o.v. Niet-Europese Benchmarklanden en -Regio's (*novel10_new_phrase*)



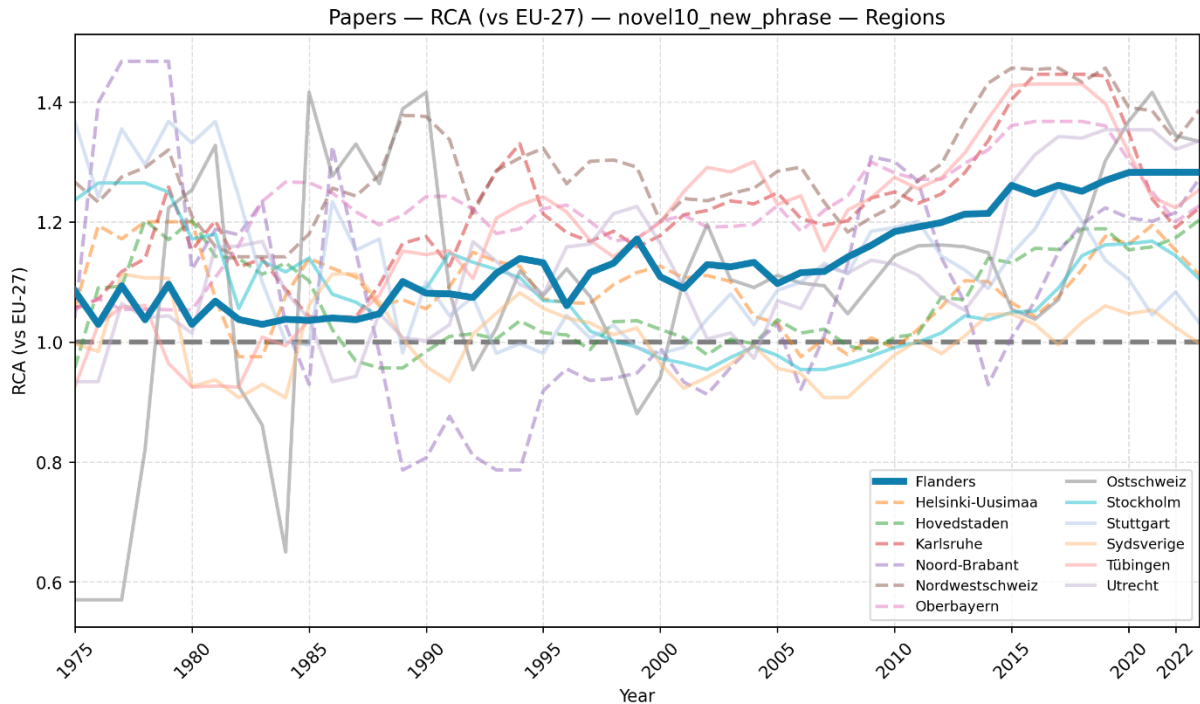
Figuur 2.3a vergelijkt Vlaanderen met een reeks niet-Europese benchmarklanden en -regio's. De resultaten bevestigen dat Vlaanderen zich de afgelopen decennia heeft opgewerkt tot de internationale kopgroep in vernieuwende publicaties. Vlaanderen scoort structureel boven het wereldgemiddelde en plaatst zich naast wetenschappelijke zwaargewichten zoals de Verenigde Staten, Zwitserland en – meer recent – Singapore. Het laat landen als het Verenigd Koninkrijk, Japan en Zuid-Korea duidelijk achter zich. Een opvallende recente stijger is China. De lichte terugval in de laatste jaren is geen Vlaams fenomeen alleen: ze doet zich ook voor bij andere koplopers, en is deels gedreven door de sterke opmars van China, wat het blijvende competitieve karakter van dit domein illustreert.

Figuur 2.3b: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende Publicaties t.o.v. Europese Benchmarklanden (*novel10_new_phrase*)



Figuur 2.3b Deze grafiek richt zich op de positie van Vlaanderen ten opzichte van andere Europese benchmarklanden. Vlaanderen heeft in de voorbije decennia een duidelijke stijging doorgeemaakt en behoort inmiddels tot de kopgroep, samen met onder andere Nederland, Denemarken en Duitsland. Vlaanderen presteert ook hier structureel boven het gemiddelde van de EU-27.

Figuur 2.3c: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende Publicaties t.o.v. Europese Benchmarkregio's (*novel10_new_phrase*)



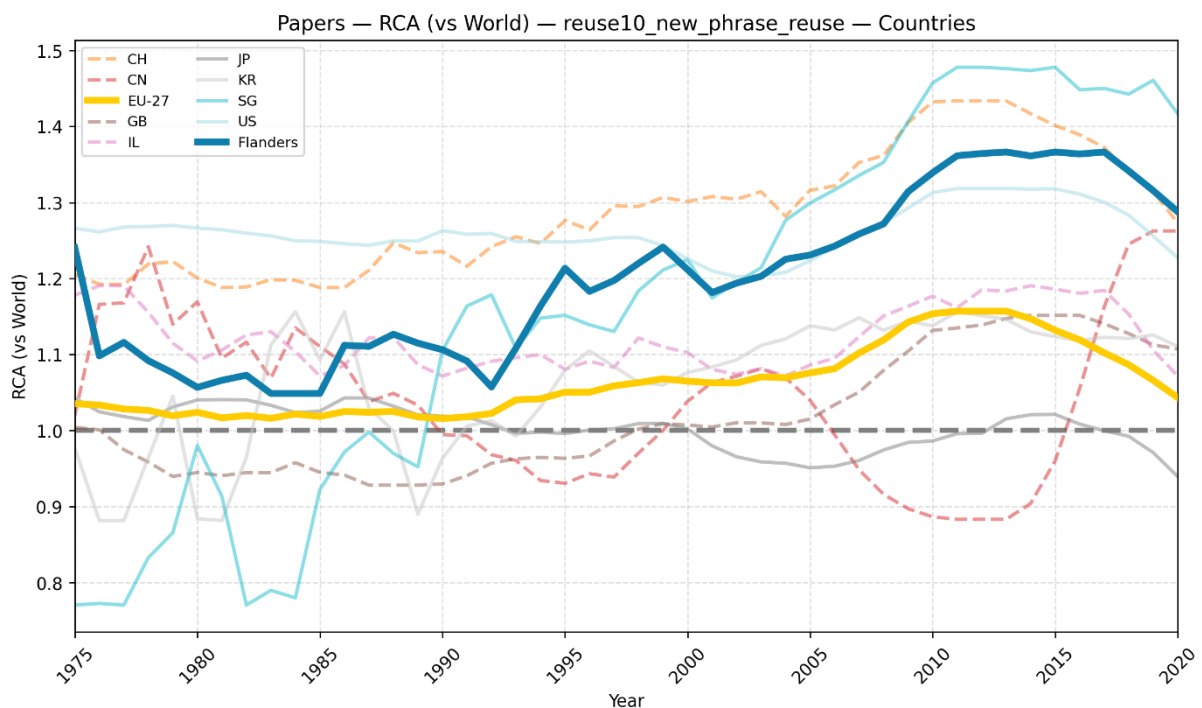
Figuur 2.3c vergelijkt Vlaanderen met een selectie van Europese benchmarkregio's op het vlak van vernieuwende publicaties (*novel10_new_phrase*), met de EU-27 als referentie. Vlaanderen positioneert zich consistent boven het EU-27-gemiddelde en vertoont een geleidelijk stijgende trend. Daarmee bevestigt de regio haar status als één van de sterkere kennisregio's binnen Europa wat betreft originele wetenschappelijke output.

Deze drie analyses samen tonen aan dat Vlaanderen zich niet alleen kwantitatief heeft versterkt op het vlak van wetenschappelijke productie, maar zich ook kwalitatief weet te onderscheiden als een toonaangevende kennisregio voor hoog-originele wetenschappelijke publicaties, zowel binnen Europa als mondiaal.

7.2.3.2 Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van vernieuwende publicaties met impact

Figuren 2.4a, 2.4b en 2.4c tonen de evolutie van het comparatief voordeel (CA) van Vlaanderen in publicaties die niet alleen vernieuwende concepten introduceren, maar waarvan deze ideeën ook effectief veel worden opgepikt in latere wetenschappelijke literatuur. De gebruikte indicator, *reuse10_new_phrase_reuse*, identificeert publicaties die tot de top 10% behoren binnen hun wetenschappelijke domein en publicatiejaar op basis van het hergebruik van nieuw geïntroduceerde concepten in vervolgonderzoek. Deze maatstaf combineert originaliteit met impact en geeft zo een verfijnd beeld van wetenschappelijke publicaties met doorbraakpotentieel.

Figuur 2.4a: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impact-Gewogen Vernieuwende Publicaties t.o.v. Niet-Europese Benchmarklanden en -Regio's (*reuse10_new_phrase_reuse*)

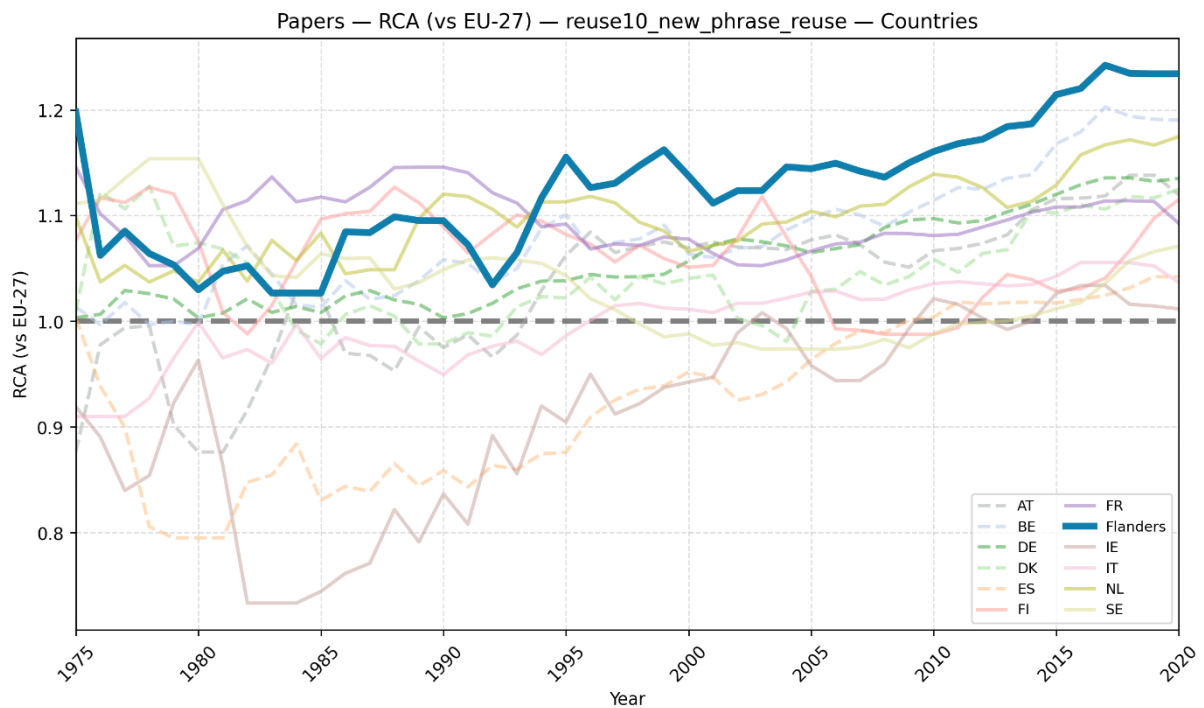


Zoals eerder besproken, heeft Vlaanderen haar positie versterkt in het segment van wetenschappelijke publicaties die niet alleen vernieuwende concepten introduceren, maar waarvan deze ideeën ook effectief zijn opgepikt in vervolgonderzoek.

Figuur 2.4a toont aan dat Vlaanderen op wereldschaal een sterke positie heeft uitgebouwd. Sinds 1985 ligt de CA-score structureel boven zowel het wereldgemiddelde als de EU-27 en wordt een stijgende trend ingezet. Vlaanderen schaart zich daarmee bij landen als de Verenigde Staten, Singapore, en Zwitserland. Landen als Japan en het Verenigd Koninkrijk scoren structureel onder Vlaanderen. In de laatste jaren is bij de koplopers, waaronder Vlaanderen, een lichte daling zichtbaar, wat wijst op de toenemende internationale

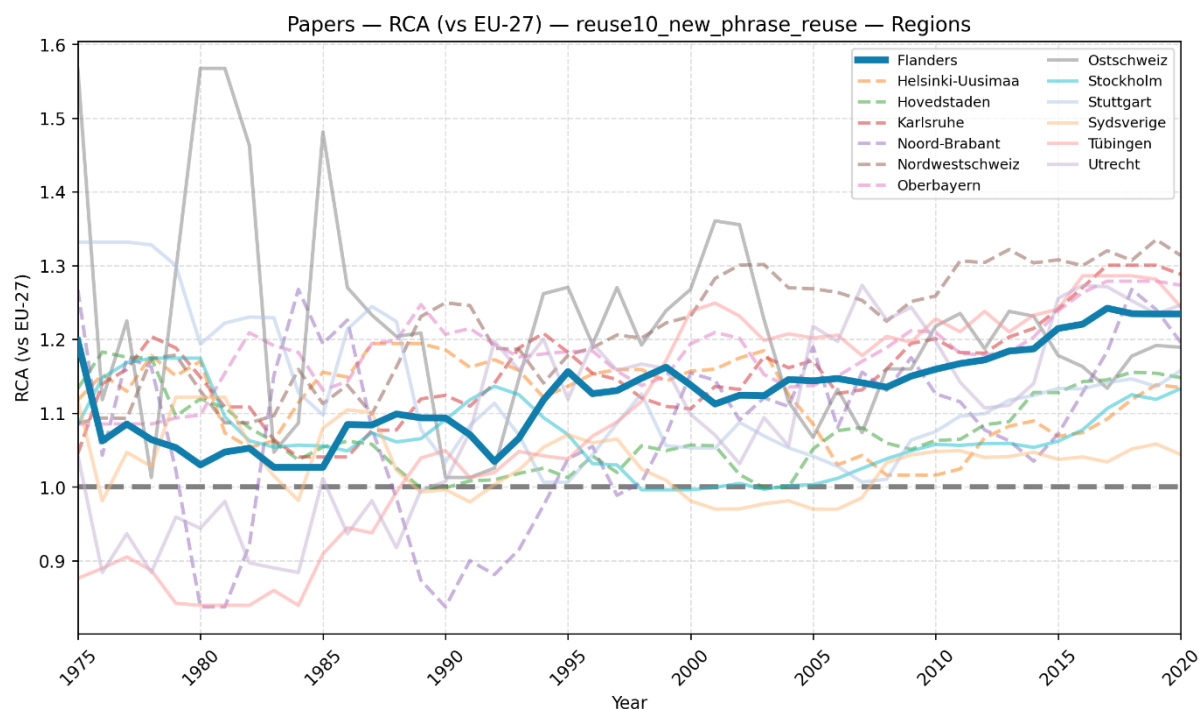
concurrentie in deze categorie — vooral door de sterke opmars van China, dat het voorbije decennia een indrukwekkende inhaalbeweging heeft ingezet.

Figuur 2.4b: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impact-Gewogen Vernieuwende Publicaties t.o.v. Europese Benchmarklanden (*reuse10_new_phrase_reuse*)



Figuur 2.4b maakt de positie van Vlaanderen binnen Europa duidelijk. Hier presteert Vlaanderen al sinds de jaren 1990 beduidend sterker dan het EU-27-gemiddelde en voert het sinds 2005 de groep aan. Landen als Nederland, Zweden en Denemarken volgen op enige afstand. Vlaanderen bevestigt in deze vergelijking dus haar voortrekkersrol in Europa.

Figuur 2.4c: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impact-Gewogen Vernieuwende Publicaties t.o.v. Europese Benchmarkregio's (*reuse10_new_phrase_reuse*)



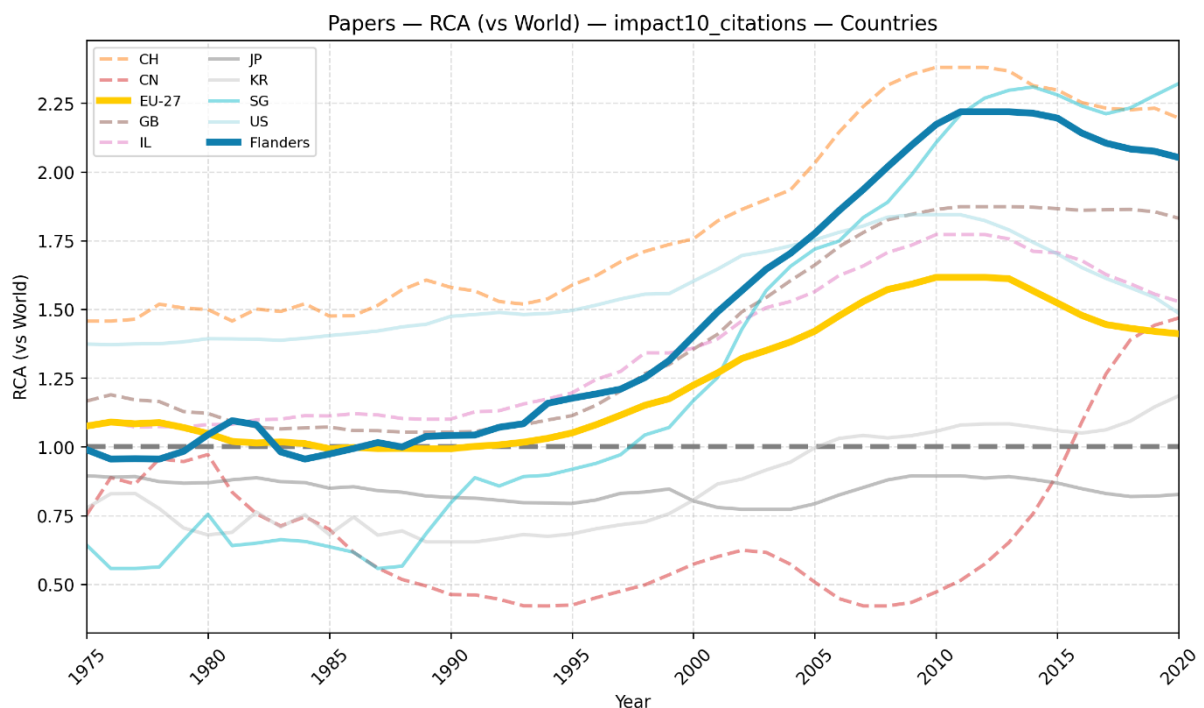
Figuur 2.4c vergelijkt Vlaanderen met een reeks Europese benchmarkregio's. Vlaanderen scoort hier boven het EU-27-gemiddelde, maar behoort niet tot de absolute top. Regio's als Karlsruhe en Oberbayern behalen in de meest recente periode hogere CA-scores. Vlaanderen blijft echter duidelijk beter scoren dan het merendeel van de andere benchmarkregio's, en bevestigt daarmee haar competitieve positie in de Europese topgroep.

Samen genomen tonen deze drie grafieken aan dat Vlaanderen niet alleen sterk staat in het genereren van vernieuwende ideeën, maar ook in het produceren van publicaties waarvan deze ideeën breed worden opgepikt. Zowel internationaal als binnen Europa positioneert Vlaanderen zich daarmee als een voortrekkende kennisregio op het vlak van hoogwaardige, impactvolle wetenschappelijke vernieuwing.

7.2.3.3 Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van impactvolle publicaties

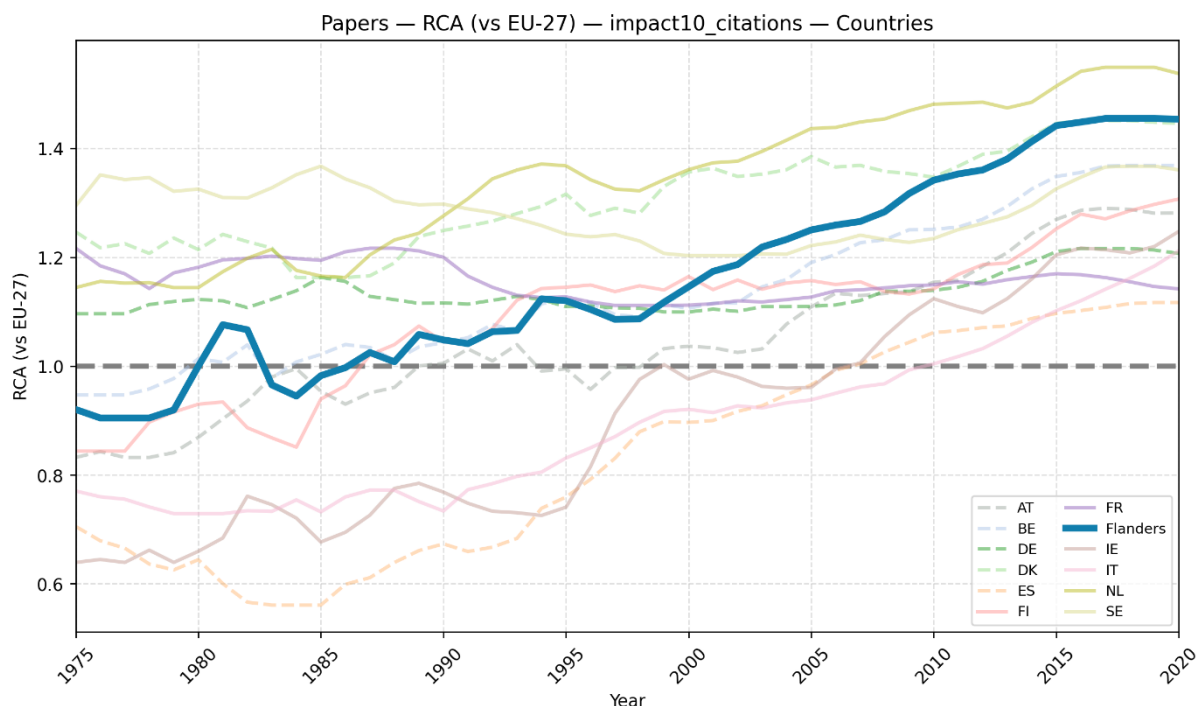
Figuren 2.5a, 2.5b en 2.5c tonen de evolutie van het comparatief voordeel (CA) van Vlaanderen in publicaties die tot de top 10% behoren qua wetenschappelijke impact, gemeten aan het aantal ontvangen citaties (*impact10_citations*). Deze indicator weerspiegelt de mate waarin onderzoek uit een bepaalde regio wereldwijd wordt opgepikt en geciteerd door andere wetenschappers.

Figuur 2.5a: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impactvolle Publicaties t.o.v. Niet-Europese Benchmarklanden en -Regio's (*impact10_citations*)



Figuur 2.5a toont dat Vlaanderen zich sinds de jaren 1990 stelselmatig heeft opgewerkt tot de internationale kopgroep op het vlak van impactvolle publicaties, gemeten aan het aantal citaties (*impact10_citations*). Waar de regio aanvankelijk geen uitgesproken comparatief voordeel had, kende Vlaanderen vooral tussen 2000 en 2010 een sterke opwaartse trend. Deze groei positioneerde Vlaanderen naast landen als Zwitserland, Singapore, en de Verenigde Staten, met een CA-score die duidelijk boven het wereldgemiddelde ligt. In de meest recente jaren is een lichte daling zichtbaar, wat ook geldt voor andere koplopers en wijst op toenemende wereldwijde concurrentie. Vooral de snelle opmars van China valt op als nieuwe uitdager binnen deze categorie.

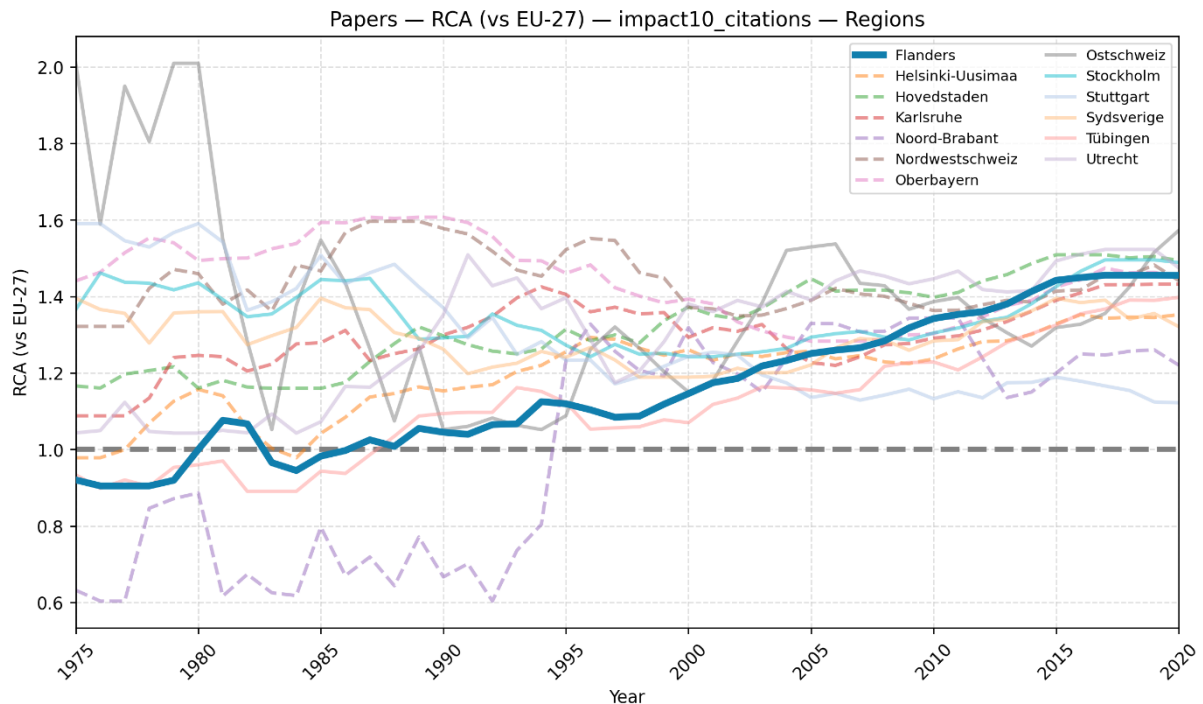
Figuur 2.5b: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impactvolle Publicaties t.o.v. Europese Benchmarklanden (*impact10_citations*)



Figuur 2.5b laat zien dat Vlaanderen ook binnen de EU-27 een uitgesproken sterke positie inneemt. Vlaanderen bevindt zich sinds 1987 consistent boven het gemiddelde van de EU-27 en behoort samen met Nederland, Denemarken, Zweden, en Finland tot de best presterende landen. Duitsland vertoont een meer gemiddelde score, ondanks de aanwezigheid van sterke individuele regio's.

Figuur 2.5c vergelijkt Vlaanderen met toonaangevende Europese regio's op het vlak van hoog-geciteerde wetenschappelijke publicaties. In dit regionale landschap scoort Vlaanderen zeer sterk, met een stabiele derde positie. Vlaanderen bevindt zich op vergelijkbaar niveau met andere topregio's zoals Kopenhagen (Hovedstaden) en Stockholm, en bevestigt hiermee zijn positie als kernregio voor hoog-impactvolle wetenschappelijke kennisproductie in Europa.

Figuur 2.5c: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impactvolle Publicaties t.o.v. Europese Benchmarkregio's (*impact10_citations*)

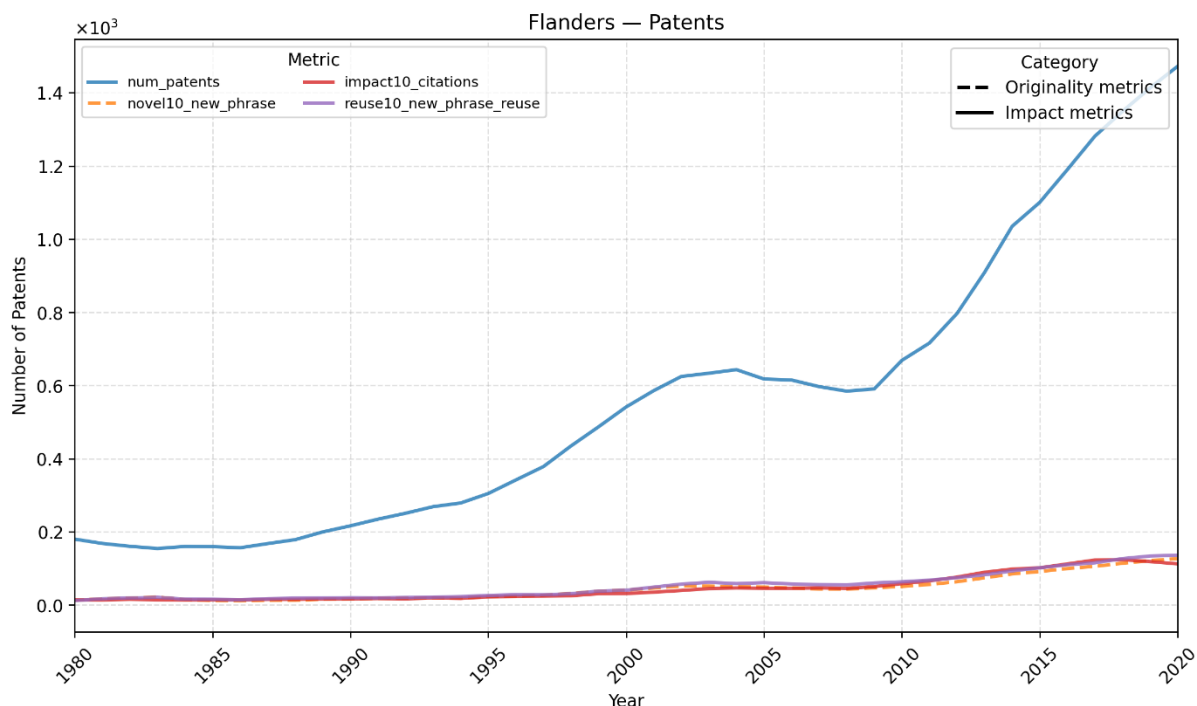


De internationale vergelijking toont aan dat Vlaanderen zich in alle dimensies van wetenschappelijk doorbraakonderzoek – (1) publicaties met hoge nieuwheid, (2) publicaties waarvan de nieuw geïntroduceerde ideeën breed worden hergebruikt in vervolgonderzoek, en (3) publicaties die tot de top 10% meest geciteerde artikelen behoren – overtuigend heeft opgewerkt tot de internationale top. De regio behoort systematisch tot de best presterende kennisregio's, zowel in vergelijking met Europese en niet-Europese benchmarklanden als met toonaangevende Europese onderzoeksregio's. Vlaanderen scoort structureel boven het EU-27-gemiddelde en positioneert zich doorgaans op gelijke hoogte met of zelfs boven landen zoals Nederland, Zwitserland en Singapore. Hoewel in recente jaren een lichte daling merkbaar is – net als bij andere koplopers – blijft Vlaanderen een uitgesproken sterke presteerder en bevestigt het zijn rol als kernregio voor vernieuwende, hoogkwalitatieve en internationaal zichtbare wetenschappelijke kennisproductie.

7.3 Trends in USPTO octrooien in Vlaanderen en hun doorbraak-karakter

In deze sectie analyseren we de trends in het technologielandchap in Vlaanderen en in welke mate dit landschap zich sterker toespitst op kenmerken van doorbraaktechnologie. De evolutie van de subcategorieën — hoge nieuwheid en hoge impact — vergelijken we telkens met de algemene trend in het totaal aantal octrooien.

Figuur 3.1a: Aantal USPTO Octrooien in Vlaanderen

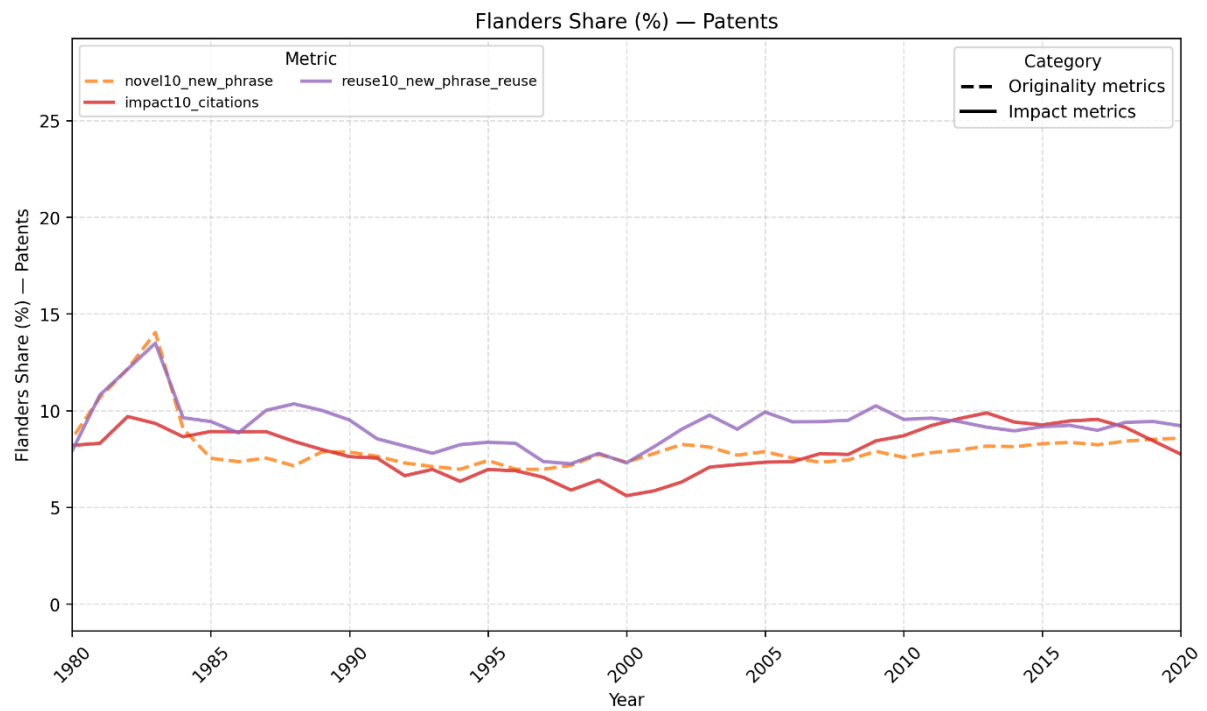


Net zoals bij wetenschappelijke publicaties kende Vlaanderen ook bij octrooien een sterke groei over de beschouwde periode, met een gemiddelde jaarlijkse groei van 6% tussen 1980 en 2020. Die groei was wel minder uitgesproken in vergelijking met de groei van het aantal wetenschappelijke publicaties (gemiddelde jaarlijkse groei van 8%), en kende ook een stagnatiefase tussen 2000 en 2008. Ook het aantal octrooien met hoge nieuwheidswaarde en hoge impact is toegenomen, zij het in ongeveer hetzelfde tempo als de totale octrooi-output. Daardoor bleef het aandeel van octrooien met doorbraakkenmerken in Vlaanderen over de tijd relatief stabiel zoals weergegeven in Figuur 3.1b.

Voor octrooien met hoge nieuwheid en octrooien met hoge citaties schommelt dit aandeel rond de 8%, en voor impact-gewogen nieuwheid (*reuse10_new_phrase_reuse*) ligt het iets hoger, rond de 9%. Deze percentages liggen duidelijk lager dan wat we zagen bij wetenschappelijke publicaties.

Zoals eerder vermeld, nemen we de laatste jaren niet mee in de analyse van impactindicatoren, omdat het tijdsvenster voor het meten van impact nog onvoldoende lang is. Toch zien we sinds 2017 al een lichte daling in het aandeel van octrooien met hoge citaties.

Figuur 3.1.b: Aandeel van Vernieuwende en Impactvolle USPTO Octrooien in Vlaanderen



7.4 Internationale benchmarking van Vlaanderen op USPTO Octrooien en hun doorbraak-karakter

Een essentieel onderdeel van onze analyse is de internationale positionering van Vlaanderen op het vlak van technologische kenniscreatie, met bijzondere aandacht voor kenmerken van doorbraaktechnologie zoals vernieuwing en impact. Dit luik van de studie bestaat uit drie opeenvolgende onderdelen:

- **In sectie 7.4.1** analyseren we hoe het aandeel van Vlaanderen in de totale octrooi-output van België, de EU-27 en de wereld is geëvolueerd over de tijd. Daarbij bekijken we niet alleen de algemene groei in octrooivolume, maar ook hoe dit aandeel zich ontwikkelt voor octrooien met een uitgesproken vernieuwend of impactvol karakter.
- **Sectie 7.4.2** gaat dieper in op de relatieve sterkte van Vlaanderen ten opzichte van het wereldgemiddelde voor deze doorbraakindicatoren. Hiervoor maken we gebruik van de Comparative Advantage-indicator (CA), die het mogelijk maakt om de technologische specialisatie van een regio te beoordelen los van de absolute omvang van haar octrooi-output.
- **In sectie 7.4.3** vergelijken we Vlaanderen met een selectie van benchmarklanden en -regio's op basis van de drie kernindicatoren: *novel10_new_phrase*, *reuse10_new_phrase_reuse* en *impact10_citations*. Ook hier passen we de CA-indicator toe om schaalverschillen te corrigeren, zodat de technologische doorbraakcapaciteit van Vlaanderen op een eerlijke manier kan worden afgezet tegen andere regio's en landen.

7.4.1 Aandeel van Vlaanderen in Belgische, EU-27, en wereldwijde octrooioutput

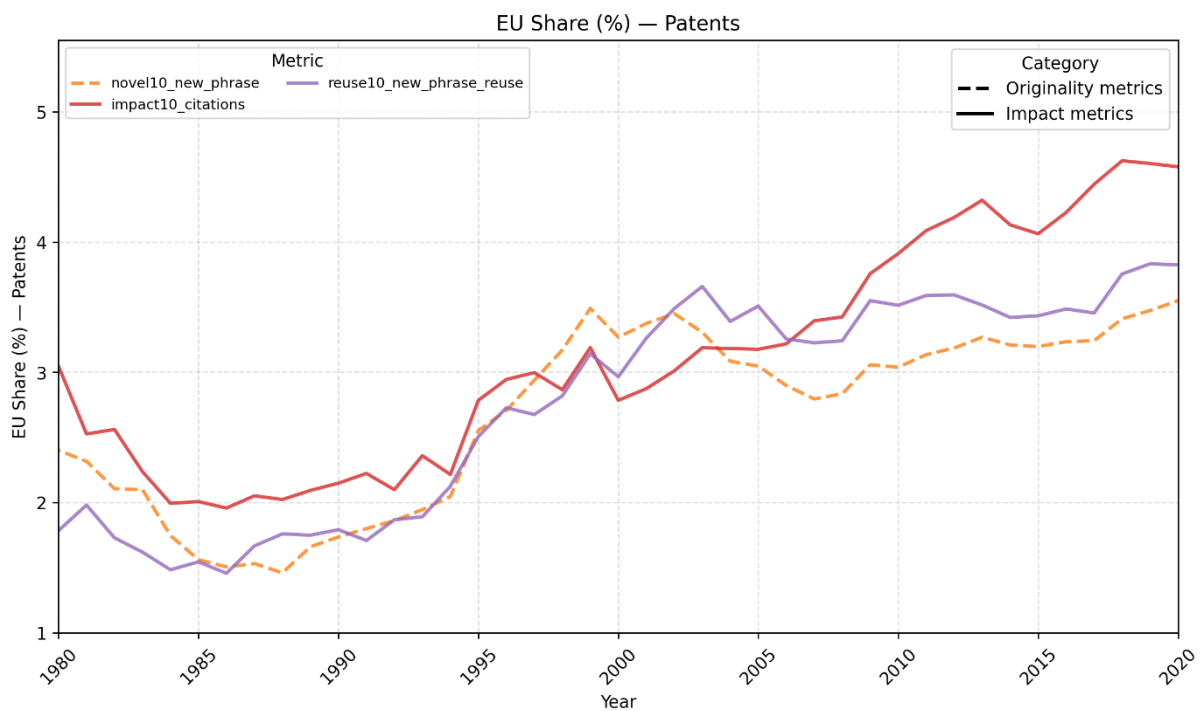
Op wereldniveau heeft Vlaanderen zijn aandeel in het totale aantal toegekende USPTO octrooien licht weten te vergroten. In 1976 was ongeveer 0,34% van alle wereldwijd toegekende octrooien afkomstig uit Vlaanderen; tegen 2022 was dit aandeel gestegen naar circa 0,45%. Hoewel deze toename bescheiden is, weerspiegelt ze het vermogen van de regio om haar technologische positie te behouden en zelfs licht uit te breiden in een context van toenemende wereldwijde concurrentie.

Binnen de EU-27 zien we een ander patroon: waar Vlaanderen in 1976 goed was voor ongeveer 4,26% van alle EU-27-octrooien, is dat aandeel in 2022 licht gedaald tot 3,29%. Dit wijst erop dat de octrooiproductie in Vlaanderen wel is toegenomen, maar minder snel dan in andere Europese landen, waardoor het relatieve aandeel van de regio binnen de EU-27 afnam. Het is daarbij relevant op te merken dat dit aandeel eerst scherp daalde tot een dieptepunt van ongeveer 1,2% rond 1985, waarna een geleidelijke stijging inzette tot het huidige niveau.

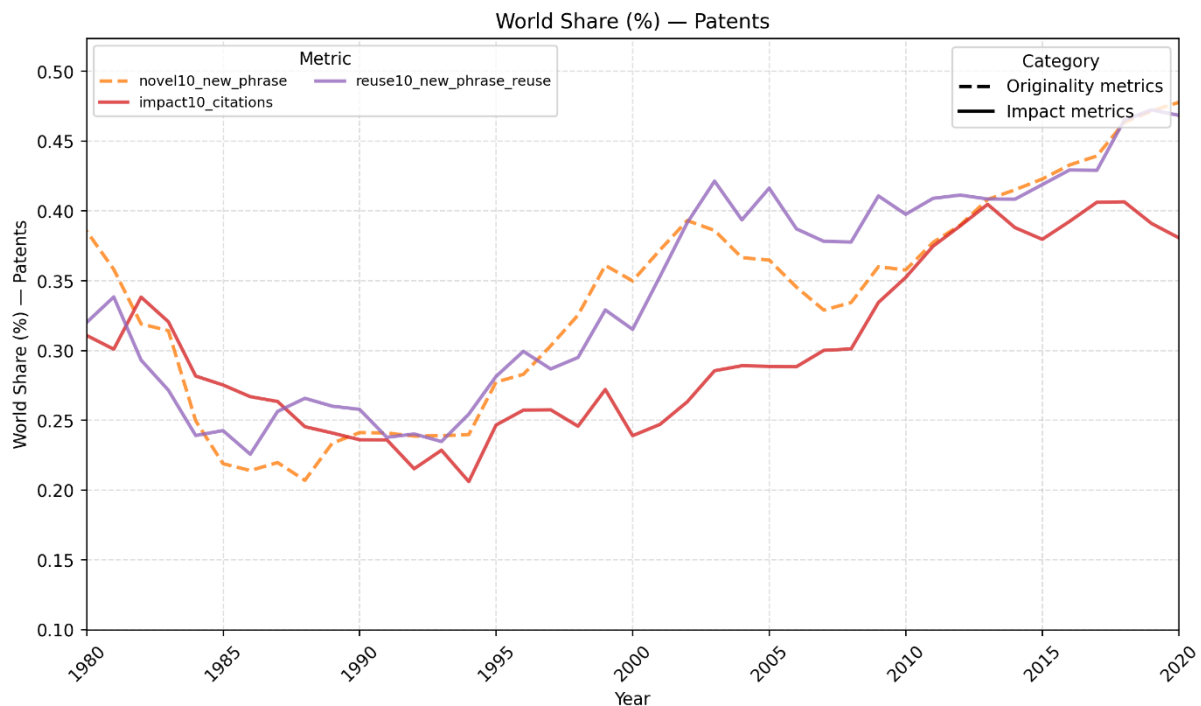
Binnen België daarentegen vertoont Vlaanderen een omgekeerde trend. Het aandeel van Vlaanderen in de totale Belgische octrooiproductie steeg van ongeveer 69% in 1976 tot 78% in 2022. Dit duidt op een duidelijke concentratie van technologische innovatie in Vlaanderen en onderstreept de dominante positie van de regio binnen het Belgische innovatielandschap, ondanks toenemende internationale concurrentie.

Tegen deze achtergrond van algemene outputtrends tonen Figuren 4.1a en 4.1b de evolutie van het aandeel van Vlaanderen in octrooien met doorbraakkenmerken, respectievelijk binnen de EU-27 en wereldwijd. Voor alle indicatoren zien we een licht opwaartse trend in Vlaanderen's aandeel, wat wijst op een gestage versterking van de technologische doorbraakcapaciteit. Toch blijven deze aandelen duidelijk lager dan die voor wetenschappelijke publicaties (Figuren 2.1a en 2.1b), wat suggereert dat Vlaanderen zich op het vlak van doorbraakonderzoek sterker profileert in de academische dan in de technologische sfeer.

Figuur 4.1a: Aandeel van Vlaanderen in de EU-27 Output van Vernieuwende en Impactvolle Octrooien



Figuur 4.1b: Aandeel van Vlaanderen in de Wereldwijde Output van Vernieuwende en Impactvolle Octrooien



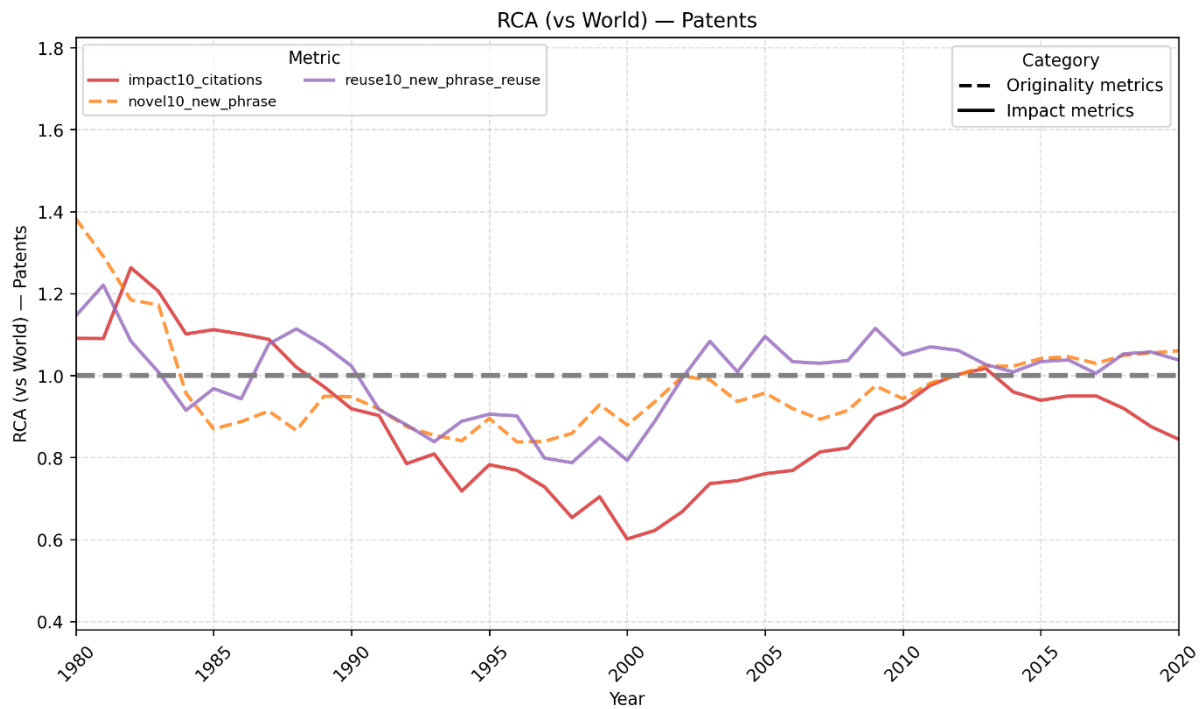
7.4.2 Vlaanderens relatieve sterkte in vernieuwende en impactvolle octrooien (CA-analyse)

Figuur 4.2 toont de evolutie van het comparatief voordeel (CA) van Vlaanderen voor octrooien met hoge nieuwheid en hoge impact. In tegenstelling tot de wetenschappelijke publicaties, waar Vlaanderen een uitgesproken internationaal voordeel heeft opgebouwd in vernieuwende en impactvolle output, zien we voor octrooien een gematigder beeld.

Voor octrooien met hoge nieuwheid (*novel10_new_phrase*) schommelt de CA-score over de periode 1980–2020 rond het wereldgemiddelde, met een gemiddelde van 0,96 en een licht hogere score van 1,05 in de periode 2016–2020. Dit suggereert dat Vlaanderen zich op dit vlak globaal ongeveer proportioneel positioneert, zonder uitgesproken specialisatie. Ook op de impactdimensies, gemeten via hoge citaties (*impact10_citations*) en het hergebruik van nieuwe concepten (*reuse10_new_phrase_reuse*), is het patroon gelijkaardig. Voor deze indicatoren bedragen de gemiddelde CA-scores respectievelijk 0,87 (0,84 voor 2016–2020) en 0,99 (1,04 voor 2016–2020).

Met CA-scores die niet significant hoger liggen dan 1, lijkt Vlaanderen op het vlak van technologisch doorbraakpotentieel minder uitgesproken te excelleren dan in de wetenschappelijke sfeer. Dit wijst erop dat de regio haar sterke positie in kennisproductie niet in gelijke mate weet door te trekken naar het technologische valorisatieluw.

Figuur 4.2: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende en Impactvolle Octrooien (t.o.v. Wereld)



In de volgende sectie vergelijken we Vlaanderen met een selectie van benchmarklanden en - regio's op basis van de drie kernindicatoren voor technologische kenniscreatie.

7.4.3 Vergelijking van Vlaanderen met benchmarklanden en -regio's

In dit onderdeel analyseren we hoe Vlaanderen presteert ten opzichte van een reeks benchmarklanden en -regio's op het vlak van technologisch doorbraakkarakter, gebaseerd op USPTO-octrooien. De analyse maakt gebruik van drie kernindicatoren die het doorbraakpotentieel van octrooien meten: (1) octrooien met een hoge mate van nieuwheid (*novel10_new_phrase*), (2) octrooien die nieuwe concepten introduceren die frequent worden hergebruikt in latere uitvindingen (*reuse10_new_phrase_reuse*), en (3) octrooien die behoren tot de top 10% meest geciteerde octrooien wereldwijd (*impact10_citations*).

Voor elk van deze indicatoren voeren we vergelijkingen uit op drie niveaus. Eerst wordt Vlaanderen gepositioneerd binnen een internationale groep van niet-Europese referentielanden, waaronder het Verenigd Koninkrijk, Zwitserland, de Verenigde Staten, Japan, China, Zuid-Korea, Israël, en Singapore. Daarnaast wordt ook de Europese Unie als geheel (EU-27) opgenomen als referentiepunt om Vlaanderen binnen het bredere Europese innovatie-ecosysteem te situeren. In deze analyses hanteren we de Comparative Advantage-index (CA), berekend ten opzichte van de wereldwijde octrooiproductie. Dit laat toe om op een gestandaardiseerde manier de relatieve technologische sterkte van Vlaanderen te evalueren, los van verschillen in schaal.

Vervolgens onderzoeken we hoe Vlaanderen zich verhoudt tot een vaste set van Europese benchmarklanden die door de Vlaamse overheid en VARIO worden gehanteerd: Oostenrijk, Denemarken, Duitsland, Finland, Frankrijk, Italië, Ierland, Spanje, Nederland en Zweden. België wordt hierbij afzonderlijk meegenomen om de positie van Vlaanderen binnen de nationale context mee te nemen. Voor deze vergelijkingen wordt de CA berekend ten opzichte van de EU-27, om verschillen tussen Europese landen en regio's op een consistente manier te kunnen interpreteren.

Ten slotte wordt Vlaanderen vergeleken met een reeks toonaangevende Europese regio's met een sterk innovatiepotentieel. Het gaat hierbij om de volgende regio's:

- **Zwitserland:** Zürich, Région Lémanique, Espace Mittelland, Nordwestschweiz, Ostschweiz, Zentralschweiz, Ticino
- **Duitsland:** Oberbayern, Karlsruhe, Tübingen, Stuttgart
- **Zweden:** Stockholm, Sydsverige
- **Denemarken:** Hovedstaden
- **Finland:** Helsinki-Uusimaa

Ook voor deze regionale analyse wordt gebruikgemaakt van de CA-indicator, met de EU-27 als referentie. Hierdoor kunnen verschillen in technologische sterkte op regionaal niveau binnen Europa op een coherente manier in kaart worden gebracht.

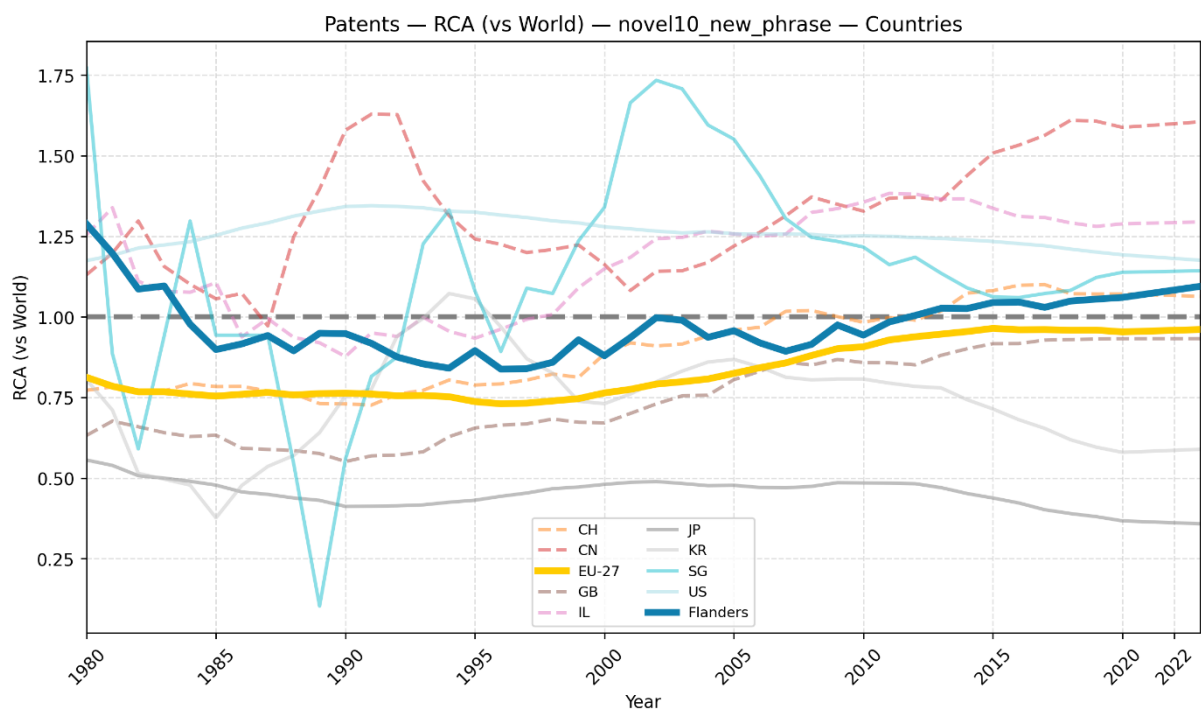
Aangezien sommige grafieken een groot aantal landen en regio's bevatten, kunnen individuele evoluties minder makkelijk zichtbaar zijn. Daarom zijn Vlaanderen en EU-27 vet gemarkeerd in de grafieken, zodat hun traject duidelijk te volgen blijft. De gedetailleerde

databestanden zijn overgemaakt aan VARIO en kunnen als basis dienen voor verdere analyse of specifieke verdiepende vragen.

7.4.3.1 Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van vernieuwende octrooien

Figuren 4.3a, 4.3b en 4.3c tonen de evolutie van het comparatief voordeel (CA) van Vlaanderen in octrooien die gekenmerkt worden door een hoge mate van technologische vernieuwing. De gebruikte indicator, *novel10_new_phrase*, identificeert USPTO-octrooien die behoren tot de top 10% binnen hun technologisch domein en toekenningsjaar op basis van de introductie van originele, nieuwe technologische concepten.

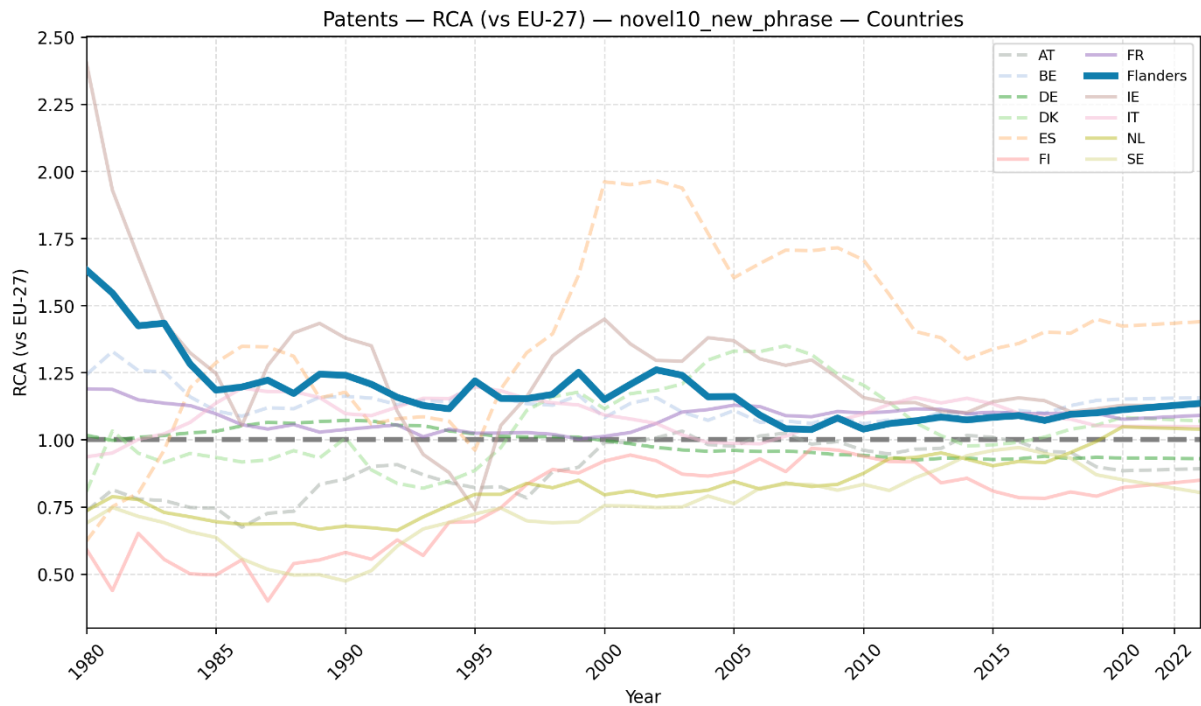
Figuur 4.3a: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende Octrooien t.o.v. Niet-Europese Benchmarklanden en -Regio's (*novel10_new_phrase*)



Figuur 4.3a vergelijkt Vlaanderen met een reeks niet-Europese benchmarklanden.

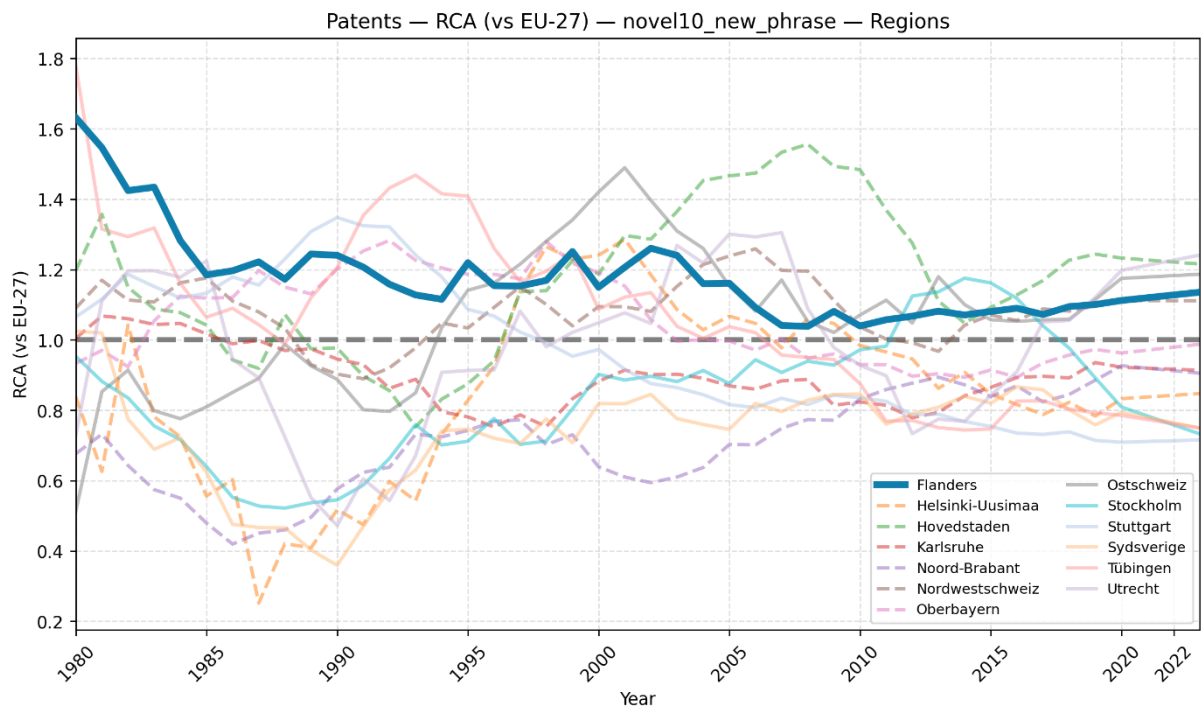
Vlaanderen vertoont hier een relatief stabiel CA-profiel, schommelend rond 1, met een gemiddelde van 0,96 voor de periode 1980–2020. Dit betekent dat Vlaanderen globaal net onder het wereldgemiddelde scoort qua aandeel vernieuwende octrooien, maar structureel sterker scoort dan het EU-27-gemiddelde (0,83). Landen zoals Israël, de Verenigde Staten en recenter ook China nemen het voortouw.

Figuur 4.3b: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende Octrooien t.o.v. Europese Benchmarklanden (*novel10_new_phrase*)



Figuur 4.3b focust op de vergelijking met Europese benchmarklanden. Hier blijkt dat Vlaanderen zich gemiddeld gezien licht boven het EU-27-gemiddelde positioneert en aansluiting vindt bij landen als Denemarken en Nederland, die recent een groeibeweging hebben ingezet. Duitsland en Frankrijk blijven gemiddeld presteren, ondanks hun grotere schaal en industriële basis.

Figuur 4.3c: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende Octrooien t.o.v. Europese Benchmarkregio's (*novel10_new_phrase*)



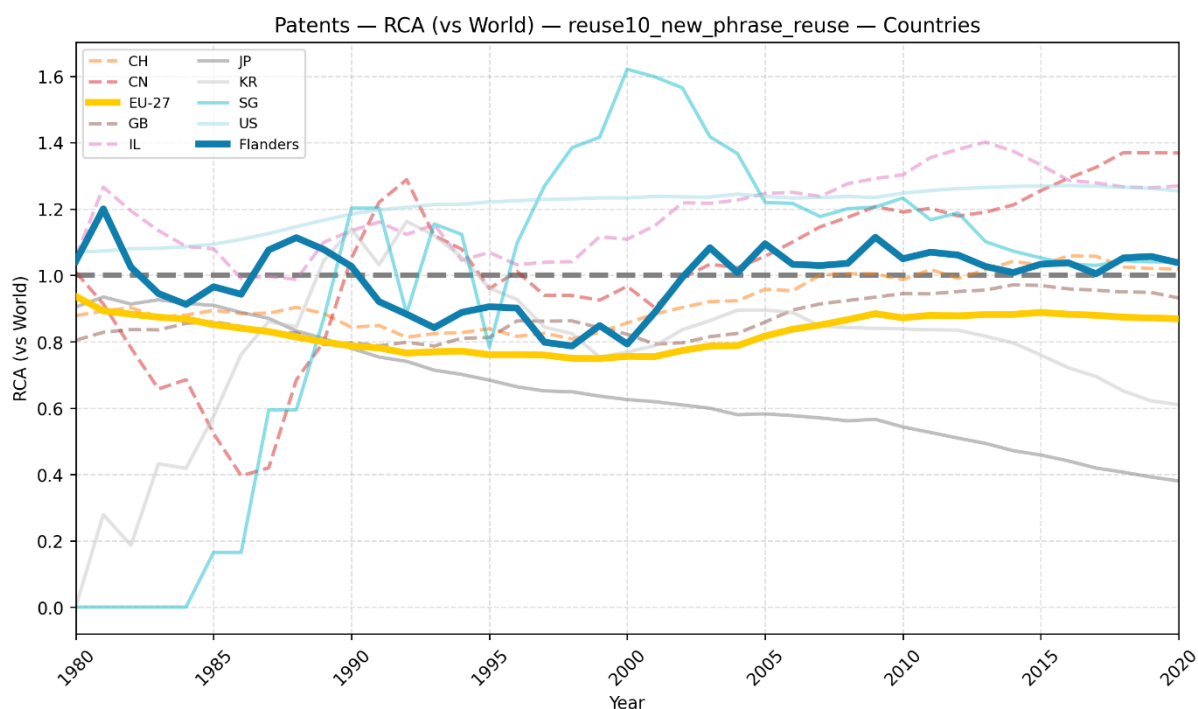
Figuur 4.3c vergelijkt Vlaanderen met een selectie van toonaangevende Europese innovatieregio's. Hier laat Vlaanderen een iets sterker beeld zien: het bevindt zich aan de top van het regionale Europese landschap op deze indicator, zij het in nauwe concurrentie met enkele andere regio's.

Samenvattend bevestigen deze analyses dat Vlaanderen internationaal gemiddeld scoort op het vlak van technologische originaliteit.

7.4.3.2 Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van vernieuwende octrooien met impact

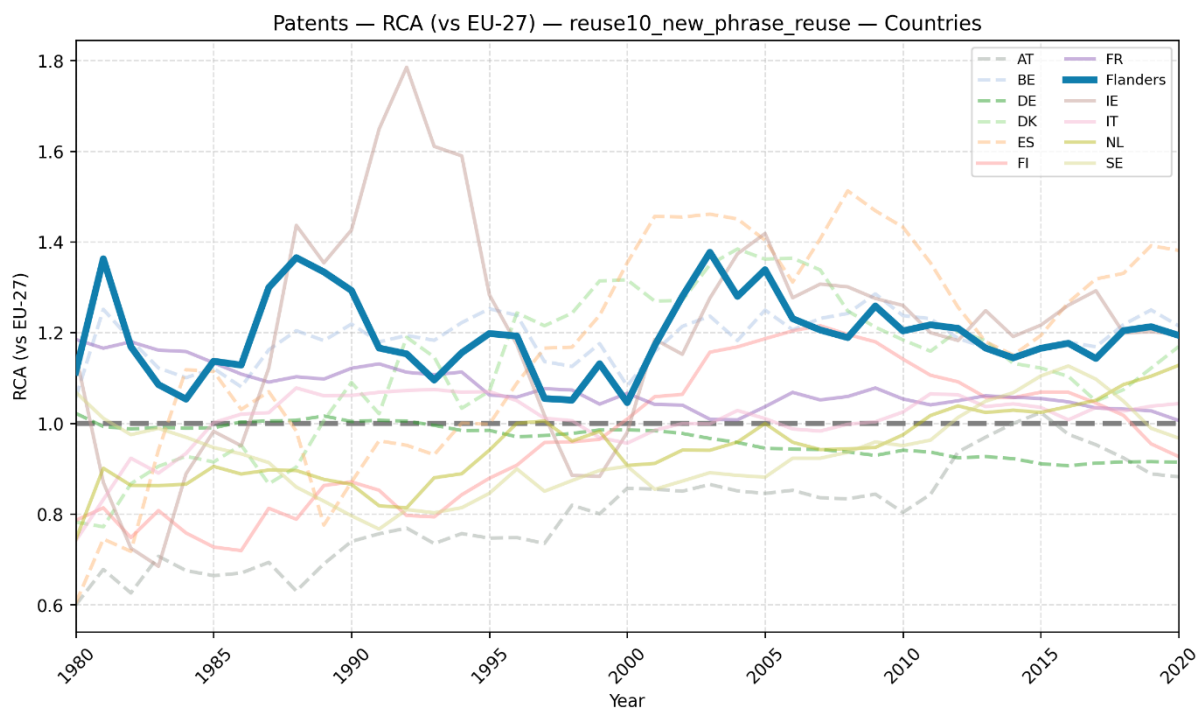
Figuren 4.4a, 4.4b en 4.4c tonen de evolutie van het comparatief voordeel (CA) van Vlaanderen in octrooien waarvan nieuw geïntroduceerde technologische concepten frequent worden hergebruikt in latere uitvindingen. De gebruikte indicator, *reuse10_new_phrase_reuse*, identificeert USPTO-octrooien die tot de top 10% behoren binnen hun technologisch domein en toekenningsjaar. Deze maatstaf combineert originaliteit met technologische impact, en geeft zo een scherp beeld van het doorbraakpotentieel van innovaties.

Figuur 4.4a: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impact-Gewogen Vernieuwende Octrooien t.o.v. Niet-Europese Benchmarklanden en -Regio's
(reuse10_new_phrase_reuse)



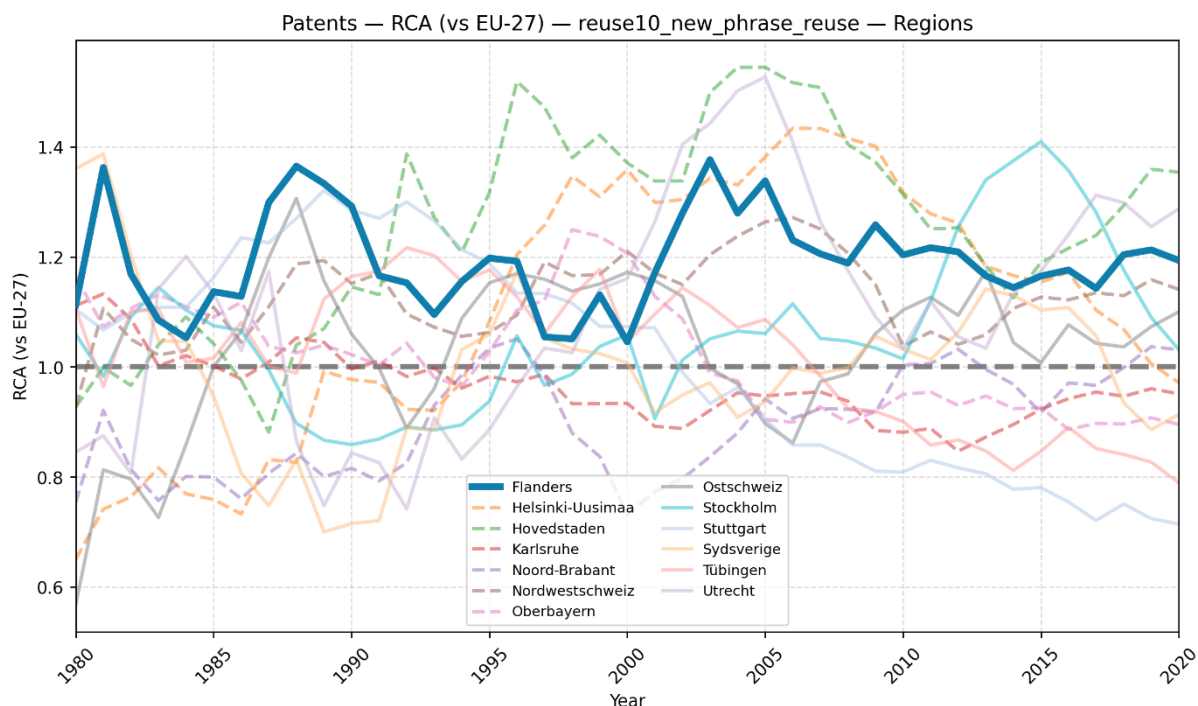
Figuur 4.4a vergelijkt Vlaanderen met niet-Europese benchmarklanden. Vlaanderen vertoont hier een stabiele CA-score rond 1 gedurende de volledige periode, wat wijst op een gemiddelde positionering ten opzichte van het wereldgemiddelde. De regio slaagt er dus in om vernieuwende octrooien voort te brengen die vergelijkbaar breed worden hergebruikt als wereldwijd het geval is, maar zonder uitgesproken specialisatie. Koplopers zoals de Verenigde Staten, Israël, en Singapore vertonen daarentegen structureel hogere CA-scores. China laat sinds 2000 een scherpe stijging zien, waarmee het zich recent bij de internationale top schaart.

Figuur 4.4b: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impact-Gewogen Vernieuwende Octrooien t.o.v. Europese Benchmarklanden (*reuse10_new_phrase_reuse*)



Figuur 4.4b toont de positionering van Vlaanderen ten opzichte van Europese benchmarklanden. Hier scoort Vlaanderen structureel boven het gemiddelde van de EU-27 en neemt het tot recent een voortrekkersrol op. In de meest recente jaren valt echter op dat landen als Nederland en Denemarken sterk zijn opgeklommen, wat erop wijst dat Vlaanderen haar relatieve positie binnen Europa onder druk ziet komen te staan.

Figuur 4.4c: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impact-Gewogen Vernieuwende Octrooien t.o.v. Europese Benchmarkregio's (*reuse10_new_phrase_reuse*)



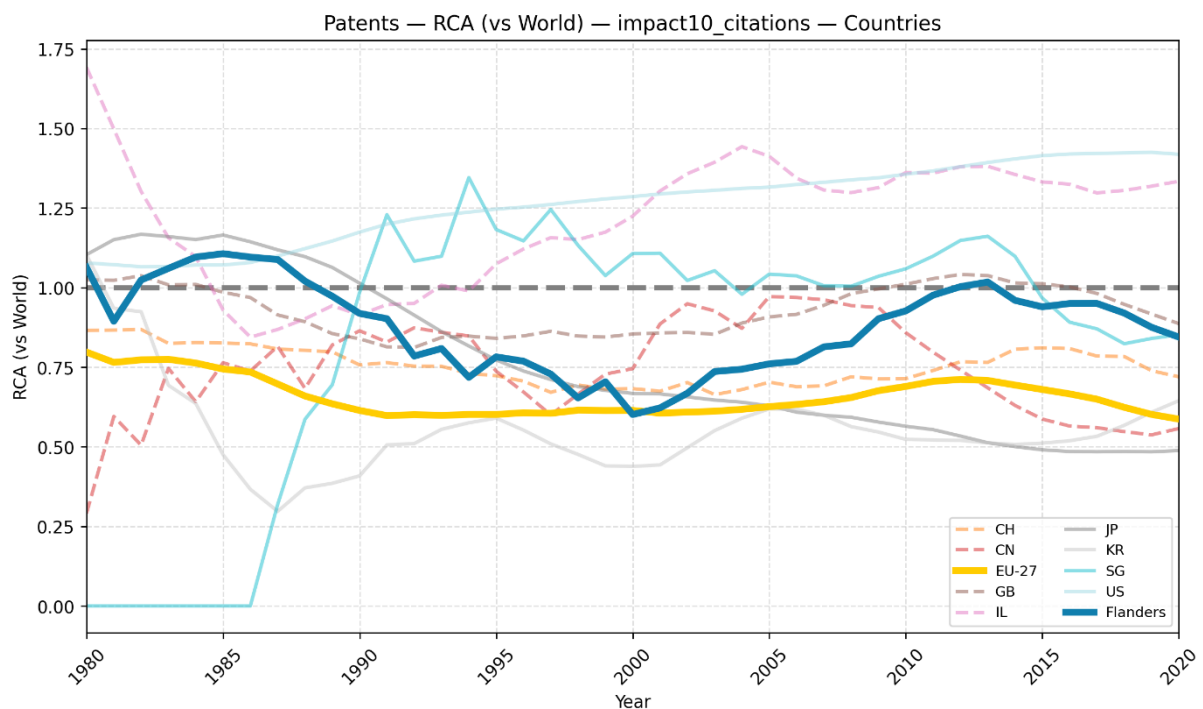
Figuur 4.4c vergelijkt Vlaanderen met toonaangevende Europese innovatieregio's. Binnen dit regionale landschap versterkte Vlaanderen in de laatste jaren haar positie en behoort het inmiddels tot de best scorende regio's. De CA-score ligt structureel boven 1 en vertoont een licht stijgende trend, wat wijst op een groeiende specialisatie in octrooien die zowel vernieuwend zijn als breed worden opgepikt.

Deze drie vergelijkingen tonen aan dat Vlaanderen op Europees niveau relatief sterk presteert in het genereren van technologische innovaties met doorbraakpotentieel. Op mondiaal niveau is de positie evenwichtig maar minder uitgesproken.

7.4.3.3 Internationale vergelijking van Vlaanderen op vlak van impactvolle octrooien

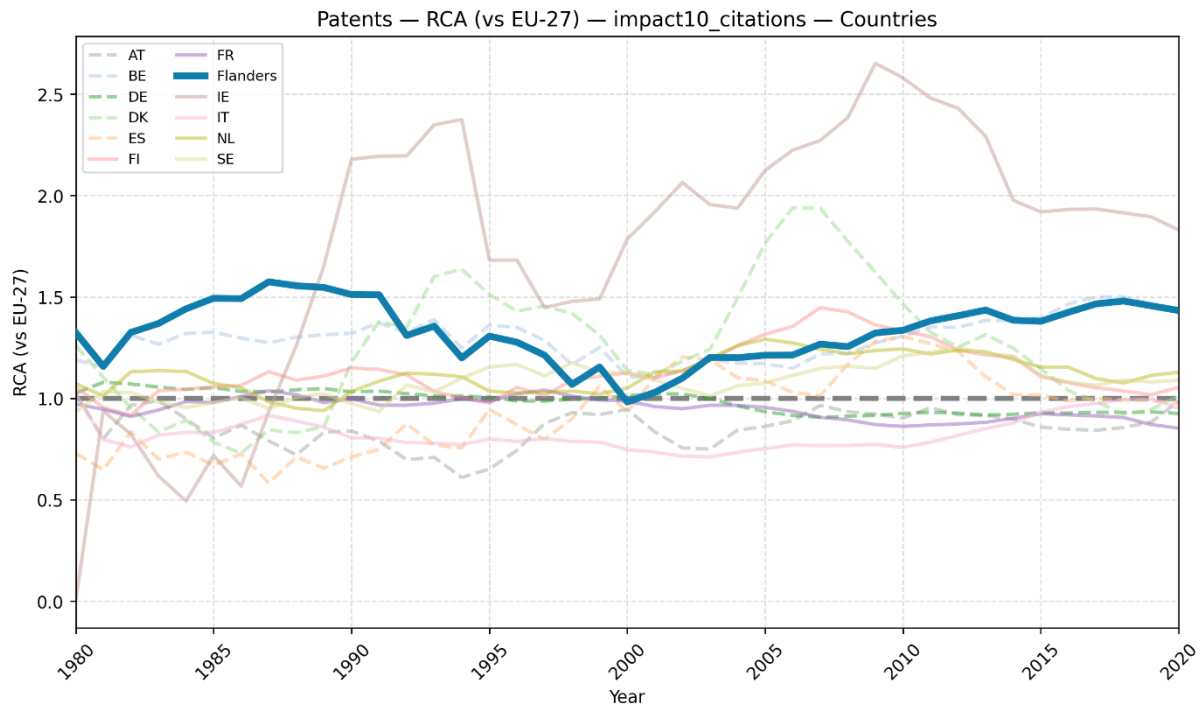
Figuren 4.5a, 4.5b en 4.5c tonen hoe Vlaanderen zich internationaal positioneert op het vlak van octrooien die vaak worden geciteerd door latere technologieën – een indicatie van technologische impact. De gebruikte indicator, *impact10_citations*, identificeert USPTO-octrooien die tot de top 10% behoren binnen hun technologisch domein en toekenningsjaar op basis van hoe frequent ze geciteerd worden in latere octrooien. Deze vorm van impact wordt vaak gebruikt in analyses van technologieposities en correleert bovendien sterk met de commerciële en maatschappelijke waarde van technologieën (Harhoff et al., 1999). In tegenstelling tot de vorige indicator wordt hier niet gekeken naar nieuwigheid, maar uitsluitend naar impact.

Figuur 4.5a: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impactvolle Octrooien t.o.v. Niet-Europese Benchmarklanden en -Regio's (*impact10_citations*)



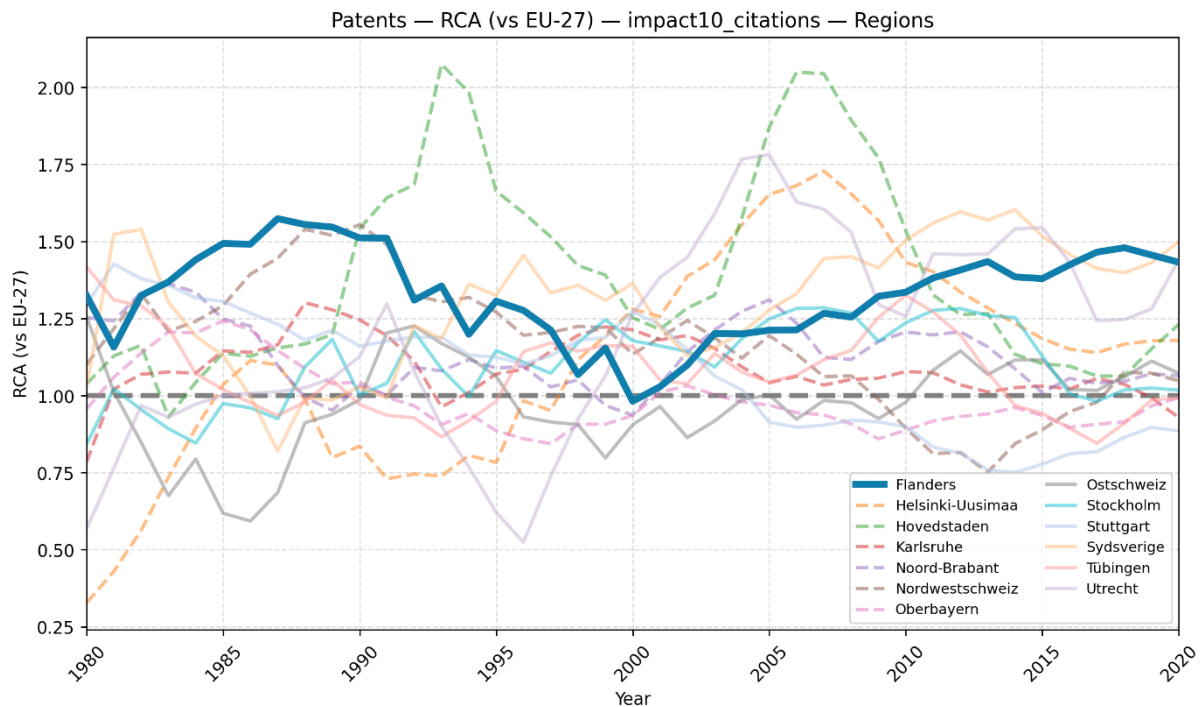
Zoals eerder aangegeven, heeft Vlaanderen een duidelijke en gestage groei doorgemaakt in het aantal octrooien dat tot deze topcategorie behoort. Die groei blijkt echter niet krachtig genoeg in vergelijking met de algemene toename van USPTO-octrooien wereldwijd en de prestaties van andere landen en regio's. Hierdoor blijft Vlaanderen steken op een CA onder 1 (**Figuur 4.5a**). Internationaal profileren de Verenigde Staten en Israël zich als koplopers met structureel hoge scores, terwijl China op deze specifieke maatstaf voorlopig nog geen sterke positie heeft uitgebouwd.

Figuur 4.5b: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impactvolle Octrooien t.o.v. Europese Benchmarklanden (*impact10_citations*)



Figuur 4.5b toont de vergelijking binnen Europa. Hier scoort Vlaanderen structureel boven het gemiddelde van de EU-27 en behoort het tot de top binnen Europa. Toch lijkt die voorsprong de laatste jaren licht af te nemen, met landen als Nederland die een stijging kennen overheen dezelfde periode. De relatieve positie van Vlaanderen als Europese koploper komt hierdoor stilaan onder druk te staan.

Figuur 4.5c: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Impactvolle Octrooien t.o.v. Europese Benchmarkregio's (*impact10_citations*)



In de vergelijking met de Europese benchmarkregio's (**Figuur 4.5c**) blijft Vlaanderen echter sterk presteren. Sinds 2000 vertoont de regio een stabiel of zelfs licht stijgend comparatief voordeel, wat resulteert in een positie bij de best scorende regio's.

Samengevat toont Vlaanderen zich binnen Europa als een innovatieve regio met sterke technologische impact, maar internationaal is er nog ruimte voor verbetering.

8 De rol van bedrijven en universiteiten in doorbraakonderzoek

In dit hoofdstuk analyseren we de rol van Vlaamse bedrijven enerzijds, en universiteiten en publieke onderzoeksinstituten anderzijds, in technologische doorbraakinnovatie, gemeten aan de hand van octrooien toegekend door het Amerikaanse patentbureau (USPTO). Voor de leesbaarheid worden universiteiten en publieke onderzoeksinstituten in de rest van dit hoofdstuk gezamenlijk aangeduid als “universiteiten”. We focussen op hun aandeel in de wereldwijde octrooiproductie door respectievelijk bedrijven en universiteiten, en onderzoeken in welke mate deze actoren bijdragen aan het doorbraakpotentieel van technologische kenniscreatie in Vlaanderen.

Voor wetenschappelijke publicaties is een dergelijke uitsplitsing naar actortype minder zinvol: het overgrote merendeel van de Vlaamse publicatie-output – en vrijwel alle publicaties met hoge nieuwheid en impact – is afkomstig van universiteiten en publieke onderzoeksinstituten. Over de volledige periode 1980–2022 was ongeveer 90% van alle wetenschappelijke publicaties in Vlaanderen afkomstig van universiteiten. Dit aandeel is bovendien gegroeid: van circa 80% in 1980 tot meer dan 95% in 2022. De beperkte bijdrage van bedrijven aan wetenschappelijke publicatie-activiteit in Vlaanderen maakt verdere analyse op dat vlak weinig relevant.

In het technologielandchap ligt dit fundamenteel anders. Wereldwijd zijn bedrijven verantwoordelijk voor het merendeel van de octrooiaanvragen en vormen zij de dominante actor in technologische innovatie. Universiteiten nemen een kleiner, maar toenemend aandeel voor hun rekening. Vlaanderen volgt dit internationale patroon: Vlaamse bedrijven genereren het grootste deel van de technologische output – gemiddeld ongeveer 87% over de periode 1980–2022 – maar dit aandeel is gedaald van bijna 99% in 1980 naar 89% in 2022. Universiteiten en onderzoeksinstituten zijn in toenemende mate actief in technologieontwikkeling en kunnen in het bijzonder een belangrijke rol spelen in de creatie van doorbraaktechnologieën. Hun aandeel in de Vlaamse octrooiproductie is gestegen van minder dan 1% in 1980 tot meer dan 10% in 2022.

Om een onderscheid te maken tussen octrooien toegekend aan bedrijven en aan universiteiten, maken we gebruik van de sectorindeling in PATSTAT. Octrooien waarvan minstens één aanvrager geclassificeerd is als universiteit of publieke onderzoeksinstituten, worden in deze analyse beschouwd als “universitaire octrooien”. Octrooien met minstens één bedrijf als aanvrager worden als “bedrijfsoctrooien” gecategoriseerd. Andere octrooien blijven buiten beschouwing.

De analyse in dit hoofdstuk is als volgt gestructureerd:

- Ten eerste brengen we de evolutie in kaart van het aandeel van Vlaamse bedrijven in de wereldwijde octrooiproductie door bedrijven, en van Vlaamse universiteiten in de wereldwijde universitaire octrooiproductie. We analyseren hoe deze aandelen zich doorheen de tijd ontwikkelen, welke actoren dominant zijn binnen het Vlaamse

technologie-ecosysteem, en hoe de Vlaamse posities zich verhouden tot internationale trends.

- Ten tweede toetsen we in welke mate Vlaamse bedrijven en universiteiten gespecialiseerd zijn in technologische doorbraakinnovatie, aan de hand van de Comparative Advantage-indicator (CA). We bekijken dit voor drie kernindicatoren: (1) vernieuwende octrooien, (2) octrooien waarvan de nieuw geïntroduceerde technologieën worden hergebruikt in vervolginnovatie, en (3) octrooien met hoge citatie-impact. Deze analyse laat toe om de relatieve sterkte en positionering van Vlaamse actoren te beoordelen ten opzichte van alle andere bedrijven en universiteiten wereldwijd.

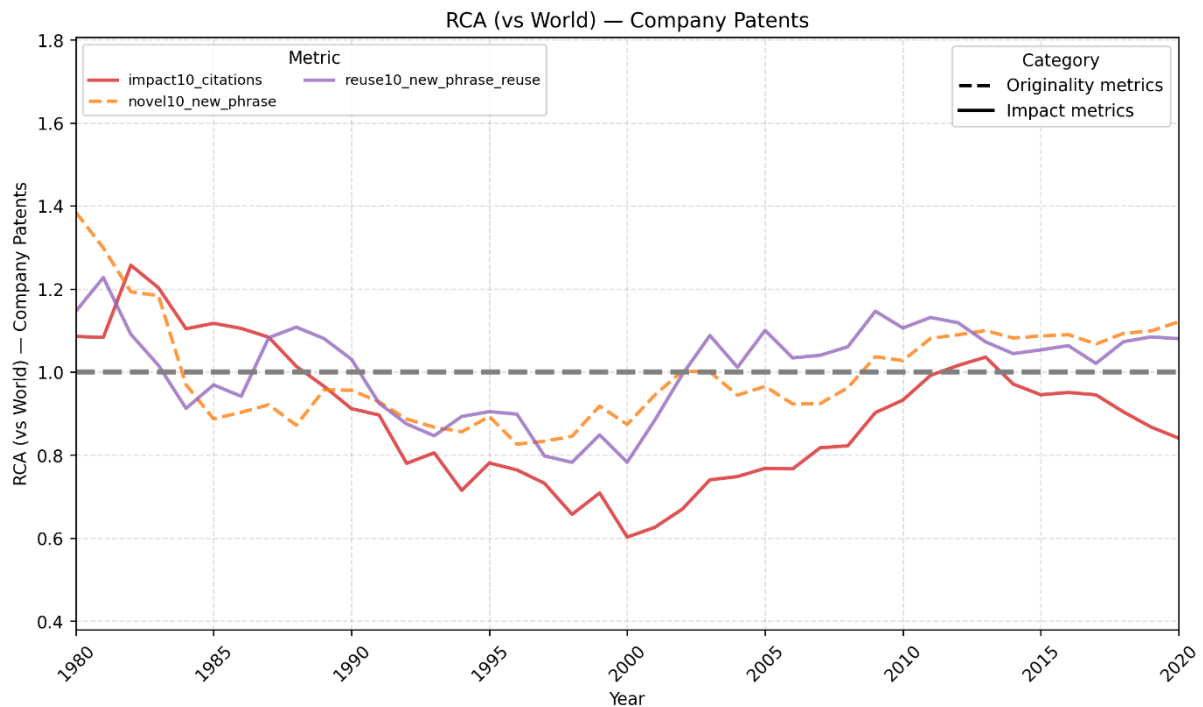
Deze uitsplitsing is beleidsmatig relevant: ze toont niet alleen welke actoren vandaag het technologische innovatievermogen in Vlaanderen aansturen, maar ook waar er nog ruimte is om het doorbraakkarakter te versterken of om de wisselwerking tussen wetenschap en technologie verder te bevorderen.

Figuur 8.1: Aandeel van Vlaamse Bedrijven in de Wereldwijde Octrooiproductie door Bedrijven



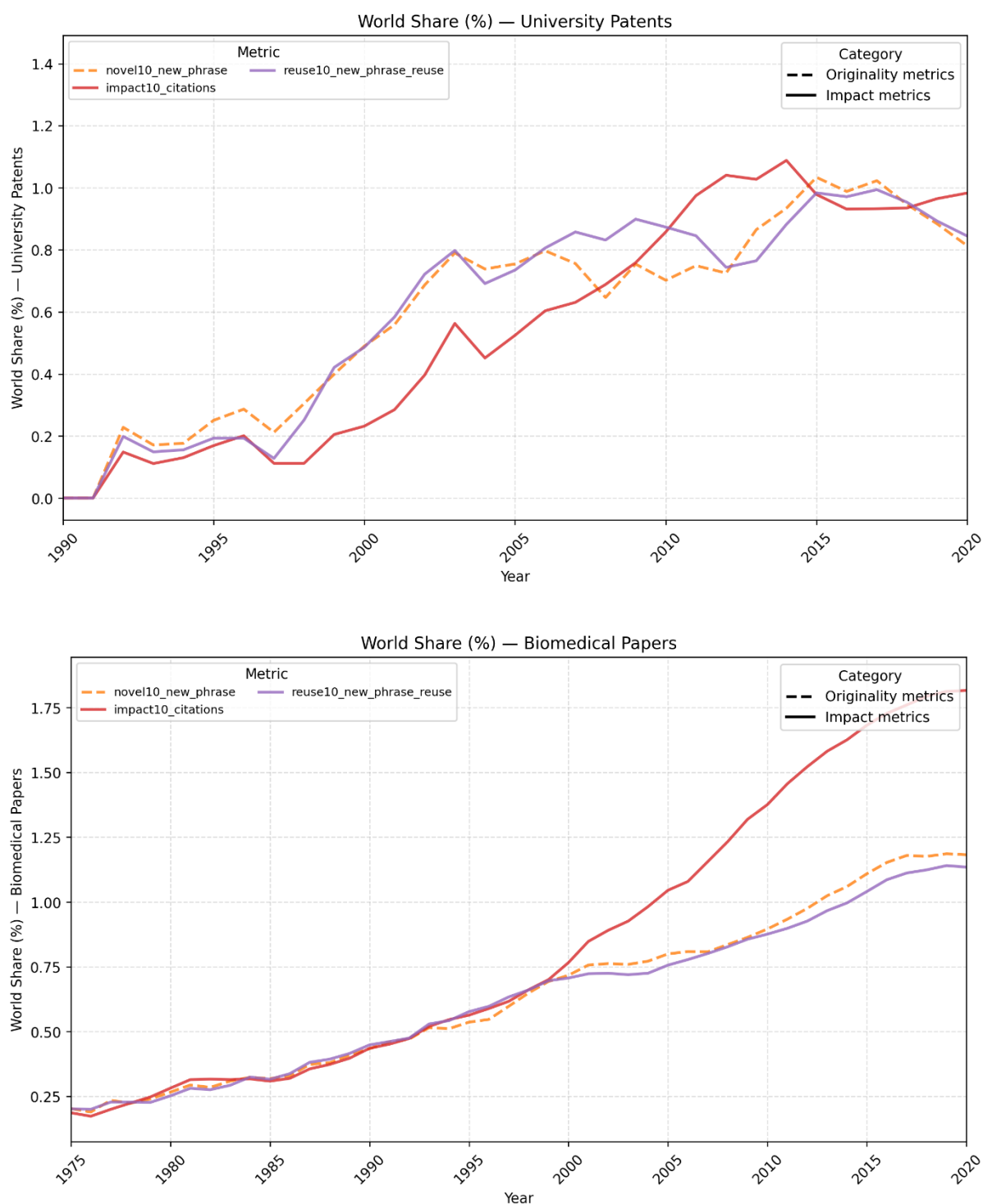
Figuur 8.1 toont de evolutie van het aandeel van Vlaamse bedrijven in de wereldwijde output van bedrijfsoctrooien met doorbraakkenmerken. Over de hele periode heen ligt dit aandeel tussen 0.02% en 0.04% van de wereldwijde output, met een lichte opwaartse trend tussen 1995 en 2017. De drie doorbraakindicatoren volgen een vergelijkbaar patroon.

Figuur 8.2: Comparatief Voordeel van Vlaamse Bedrijven in de Wereldwijde Octrooiproductie door Bedrijven (t.o.v. Wereld)



Figuur 8.2 analyseert of Vlaamse bedrijven relatief sterker dan gemiddeld scoren op technologische doorbraakkenmerken. De RCA-scores liggen voor alle drie indicatoren grotendeels rond de referentielijn (score = 1), wat betekent dat Vlaamse bedrijven zich qua specialisatie en performantie gemiddeld positioneren in vergelijking met alle andere bedrijven wereldwijd. De combinatie van Figuur 8.1 en Figuur 8.2 wijst erop dat Vlaamse bedrijven hun aandeel in de wereldwijde octrooien met doorbraakkenmerken geleidelijk vergroten, maar zonder uitgesproken specialisatie: de RCA-scores blijven rond het gemiddelde. Dit verschil tussen groeiend aandeel en stabiele specialisatie suggereert dat Vlaamse bedrijven relatief meer patenteren, maar niet uitzonderlijk sterk scoren in het meest vernieuwende of impactvolle segment.

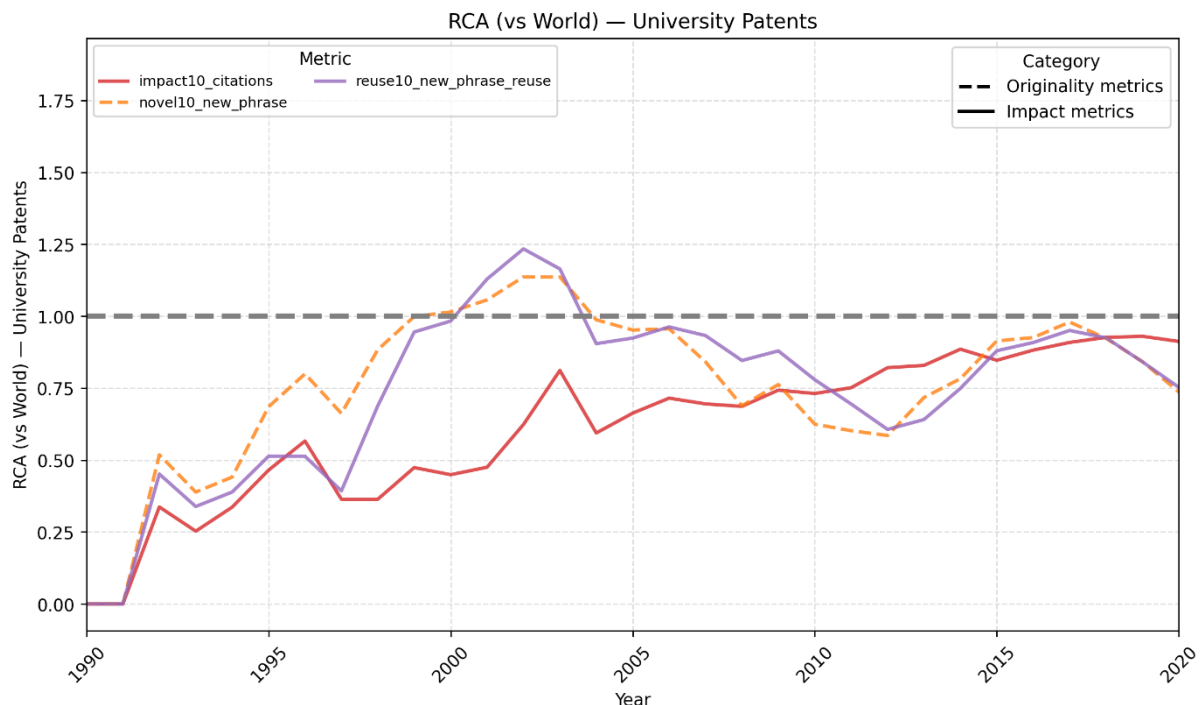
Figuur 8.3: Aandeel van Vlaamse Universiteiten in de Wereldwijde Octrooiproductie door Universiteiten



Figuur 8.3 toont een uitgesproken stijgende trend in het aandeel van Vlaamse universiteiten in de wereldwijde universitaire octrooiproductie met doorbraakkenmerken. Waar Vlaanderen begin jaren 1990 nog nauwelijks zichtbaar was, is dit aandeel sindsdien gestaag toegenomen. Opvallend is dat dit aandeel vandaag aanzienlijk hoger ligt dan het aandeel van Vlaamse bedrijven in de wereldwijde bedrijfsoctrooiproductie met vergelijkbare doorbraakeigenschappen. De stijging is het sterkst voor octrooien met hoge nieuwheid en

voor octrooien waarvan de nieuw geïntroduceerde technologieën breed worden hergebruikt in vervolginnovaties. Dit suggereert dat Vlaamse universiteiten een steeds prominere rol spelen in het ontwikkelen van technologieën met doorbraakpotentieel.

Figuur 8.4: Comparatief Voordeel van Vlaamse Universiteiten in de Wereldwijde Octrooiproductie door Universiteiten (t.o.v. Wereld)



Figuur 8.4 toont de evolutie van het comparatief voordeel van Vlaamse universiteiten in drie doorbraakindicatoren, ten opzichte van de wereldwijde universitaire octrooiproductie. Er is een stijging zichtbaar, maar de scores blijven overwegend rond de drempelwaarde van 1 schommelen. Dit wijst op een relatief gemiddelde specialisatie in technologieën met doorbraakpotentieel. In combinatie met Figuur 8.3 – waaruit blijkt dat het aandeel van Vlaamse universiteiten in de wereldwijde universitaire octrooien sterk gestegen is – suggereert dit dat universiteiten in Vlaanderen relatief veel patenteren, maar niet uitzonderlijk sterk gespecialiseerd zijn in de meest vernieuwende of impactvolle octrooien.

De analyses in dit hoofdstuk tonen aan dat zowel Vlaamse bedrijven als universiteiten hun aandeel in de wereldwijde octrooiproductie met doorbraakkenmerken geleidelijk hebben vergroot. Vlaamse universiteiten kennen daarbij een sterkere stijging in aandeel dan

bedrijven, en dragen in toenemende mate bij aan technologieontwikkeling. Toch blijkt uit de RCA-indicatoren dat noch bedrijven, noch universiteiten uitzonderlijk sterk gespecialiseerd zijn in de meest vernieuwende of impactvolle technologieontwikkeling: hun positionering blijft gemiddeld in vergelijking met de rest van de wereld. Deze combinatie van groeiende output en beperkte specialisatie onderstreept het belang van beleidsmaatregelen die niet alleen kwantitatieve groei ondersteunen, maar ook inzetten op het versterken van het doorbraakkarakter van Vlaamse technologische innovatie.

9 Wetenschappelijk en technologisch doorbraakonderzoek in het biomedisch domein

In dit hoofdstuk verdiepen we de analyse van doorbraakonderzoek door specifiek in te zoomen op het biomedische domein – een strategisch belangrijk domein voor Vlaanderen, met grote maatschappelijke relevantie en een prominente plaats binnen het Vlaamse kennis- en innovatiebeleid.

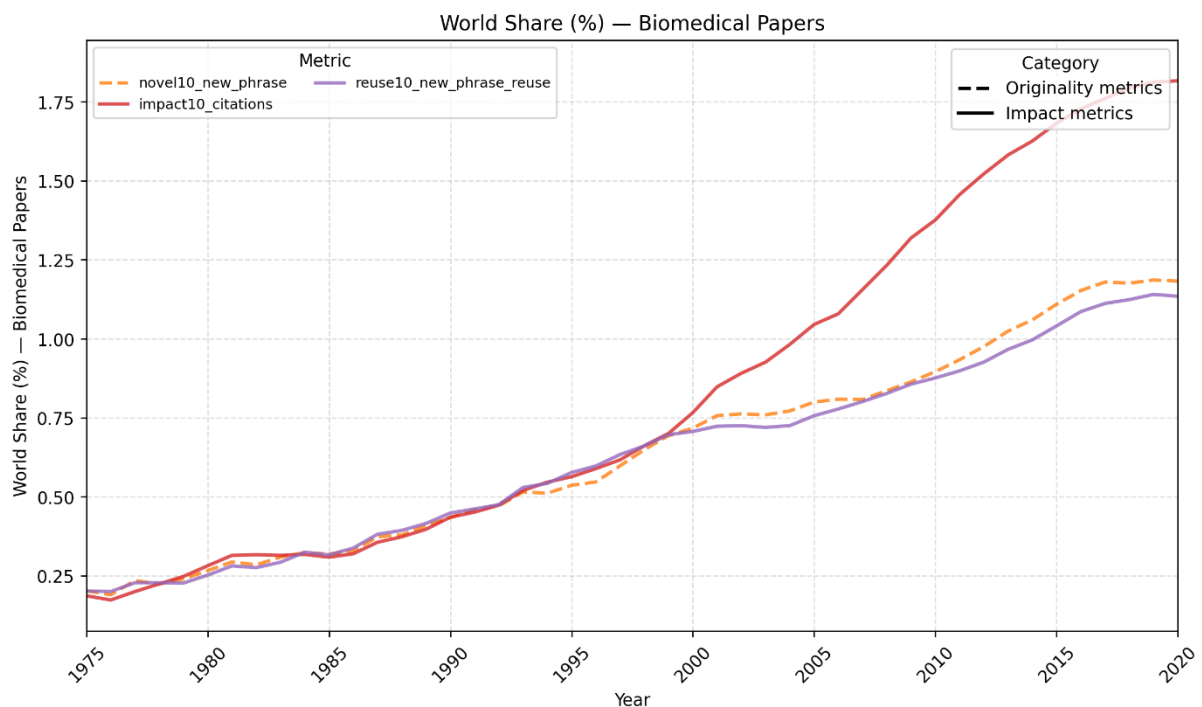
Voor wetenschappelijke publicaties wordt het biomedische domein gedefinieerd op basis van de OpenAlex-classificatie, en omvat het de volgende vakgebieden: Medicine, Biochemistry Genetics and Molecular Biology, Agricultural and Biological Sciences, Neuroscience, Health Professions, Immunology and Microbiology, Nursing, Pharmacology Toxicology and Pharmaceutics, Dentistry en Veterinary. Voor octrooien gebruiken we de NBER-classificatie, waarin het biomedisch domein overeenkomt met de categorie “Drugs & Medical”.

In wat volgt analyseren we hoe Vlaanderen binnen dit biomedische domein presteert op het vlak van vernieuwend en impactvol wetenschappelijk onderzoek (sectie 9.1) en technologische innovatie (sectie 9.2).

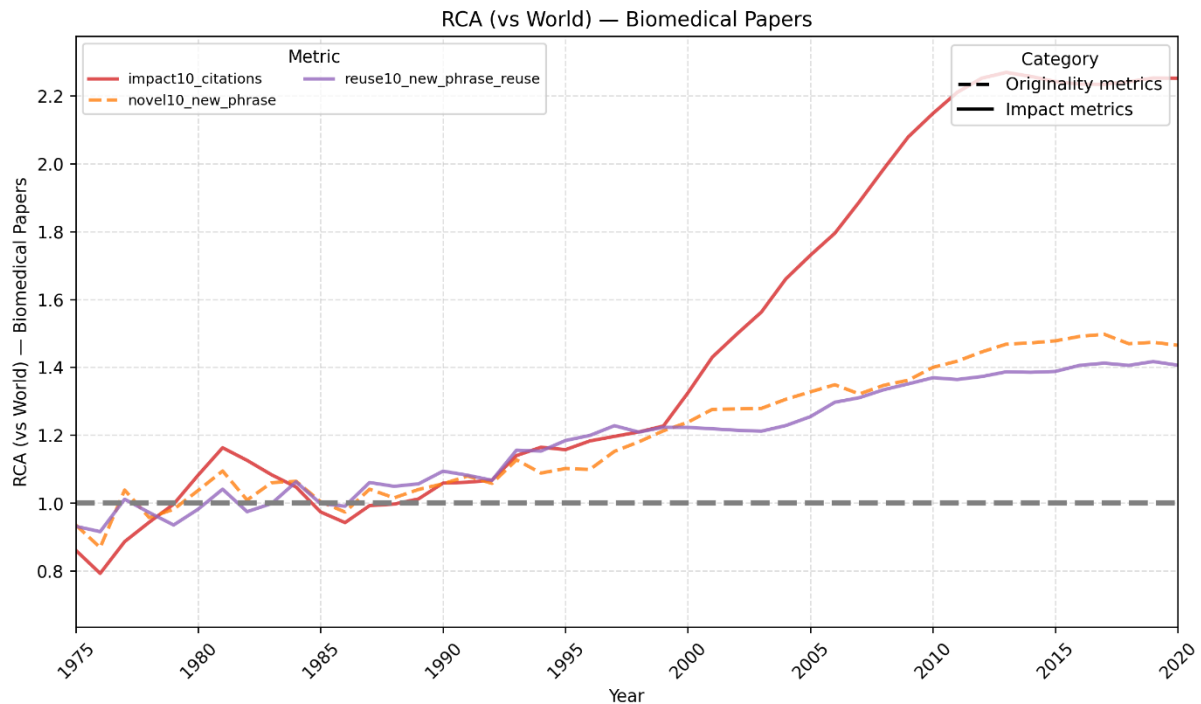
9.1 Wetenschappelijk doorbraakonderzoek in het biomedisch domein

Figuur 9.1 toont de evolutie van het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde wetenschappelijke output binnen het biomedische domein, gemeten op basis van de kernindicatoren voor doorbraakpotentieel. De figuur laat zien dat Vlaanderen sinds het begin van de jaren 1980 een structurele groei heeft doorgemaakt. Vooral voor de citatiegebaseerde indicator is de stijging opvallend. Deze figuur wijst erop dat Vlaanderen een steeds grotere rol speelt in de mondiale creatie van vernieuwende en impactvolle biomedische kennis. Dit aandeel ligt beduidend hoger dan de cijfers voor de volledige Vlaamse publicatie-output over alle domeinen heen, wat de specialisatie en sterkte van Vlaanderen in het biomedische domein onderstreept. Vlaanderen speelt dus een steeds prominenter rol in de creatie van internationaal impactvolle biomedische kennis.

Figuur 9.1: Aandeel van Vlaanderen in de Wereldwijde Output van Vernieuwende en Impactvolle Publicaties in het Biomedisch Domein



Figuur 9.2: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende en Impactvolle Publicaties in het Biomedisch Domein (t.o.v. Wereld)

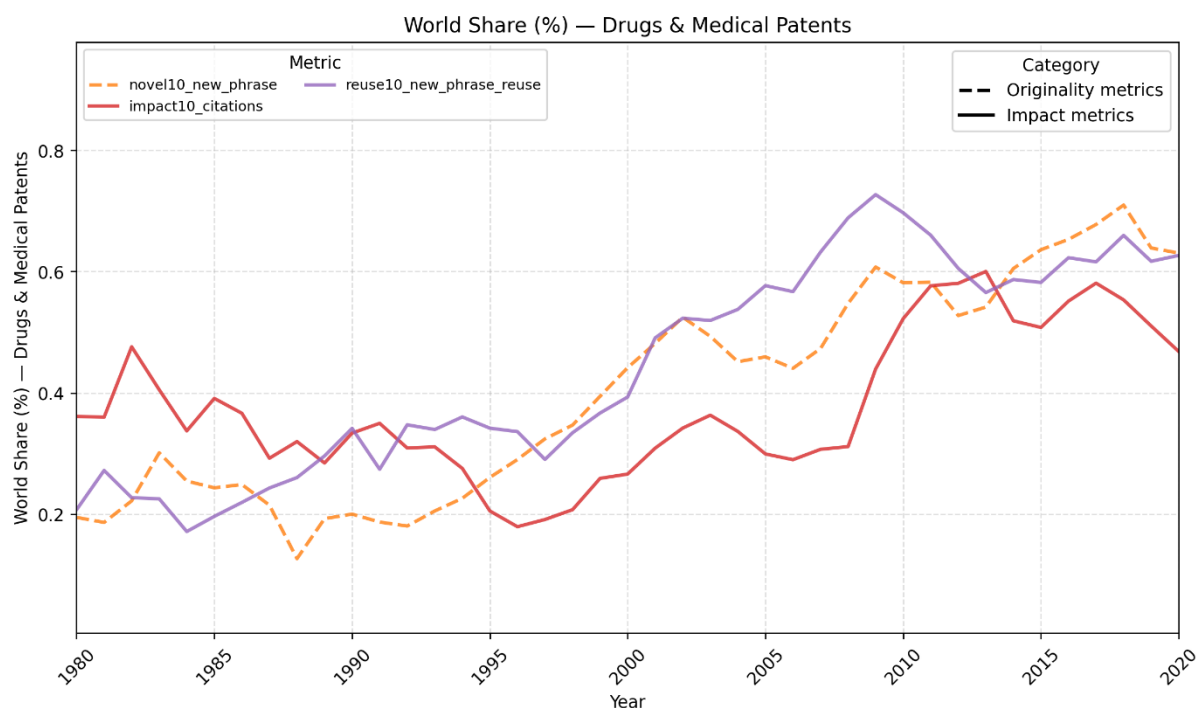


Figuur 9.2 toont dat Vlaanderen sinds 1995 structureel boven het wereldgemiddelde scoort op alle doorbraakindicatoren, met een bijzonder sterke positie op het vlak van citatie-impact. Dit bevestigt dat Vlaanderen excelleert in vernieuwend en impactvol biomedisch wetenschappelijk onderzoek.

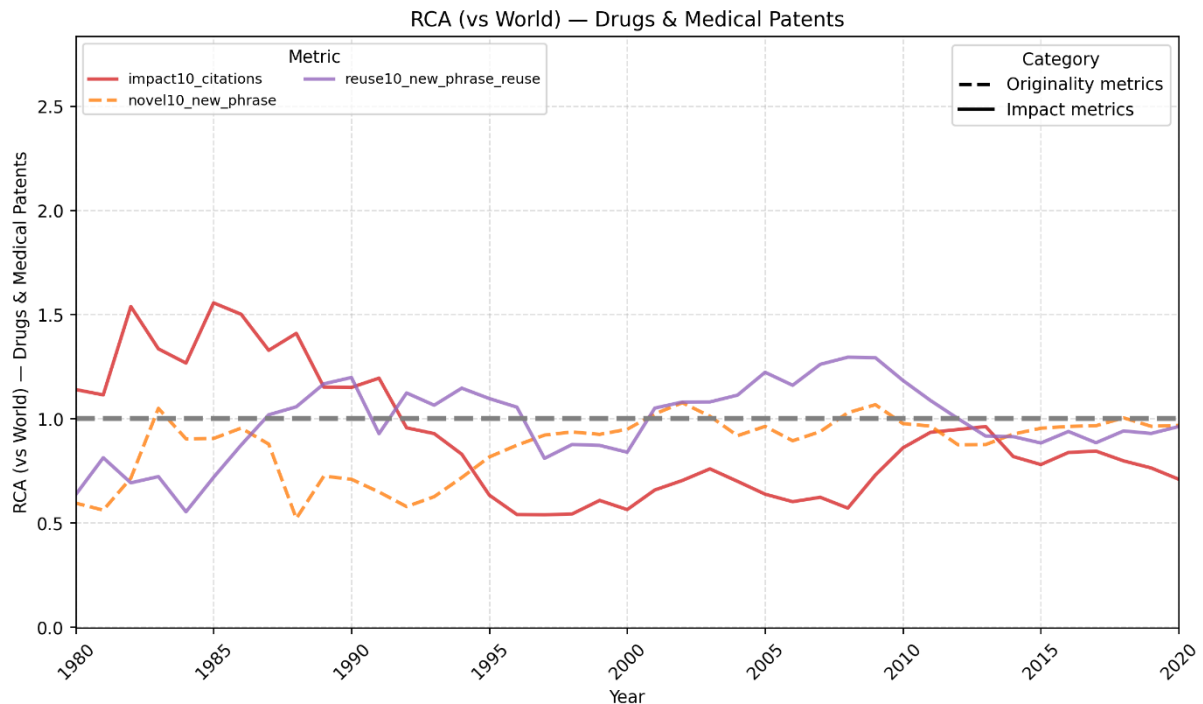
9.2 Technologisch doorbraakonderzoek in het biomedisch domein

Figuur 9.3 toont het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde output van USPTO-octrooien binnen het biomedisch domein, op basis van drie doorbraakindicatoren. Over de hele periode ligt dit aandeel gemiddeld tussen 0.02% en 0.06%, met pieken tot boven 0.08%. De trends zijn eerder volatiel, maar wijzen op een lichte stijging.

Figuur 9.3: Aandeel van Vlaanderen in de Wereldwijde Output van Vernieuwende en Impactvolle Octrooien in het Biomedisch Domein



Figuur 9.4: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende en Impactvolle Octrooien in het Biomedisch Domein (t.o.v. Wereld)



Figuur 9.4 toont het comparatief voordeel van Vlaanderen ten opzichte van de wereldwijde octrooiproductie in het biomedisch domein. De RCA-scores fluctueren sterk, maar schommelen meestal rond de referentielijn (score = 1). Vlaanderen lijkt dus gemiddeld te presteren in dit domein, zonder uitgesproken specialisatie, al zijn er voor bepaalde jaren wel tijdelijke uitschieters boven 1.

Vergeleken met de publicatie-analyses (Figuur 9.1 en 9.2) valt op dat Vlaanderen zich binnen het biomedisch domein veel sterker positioneert in wetenschappelijke kenniscreatie dan in technologieontwikkeling. Zowel het wereldwijde aandeel als de RCA-scores liggen voor publicaties beduidend hoger en stabielere dan voor octrooien. Dit bevestigt het bredere patroon in het rapport: Vlaanderen is internationaal toonaangevend in fundamenteel biomedisch onderzoek, maar vertoont minder technologische specialisatie. Deze kloof wijst op een mogelijk valorisatiepotentieel dat beleidsmatig verder ondersteund kan worden.

10 Wetenschappelijk doorbraakonderzoek in STEM

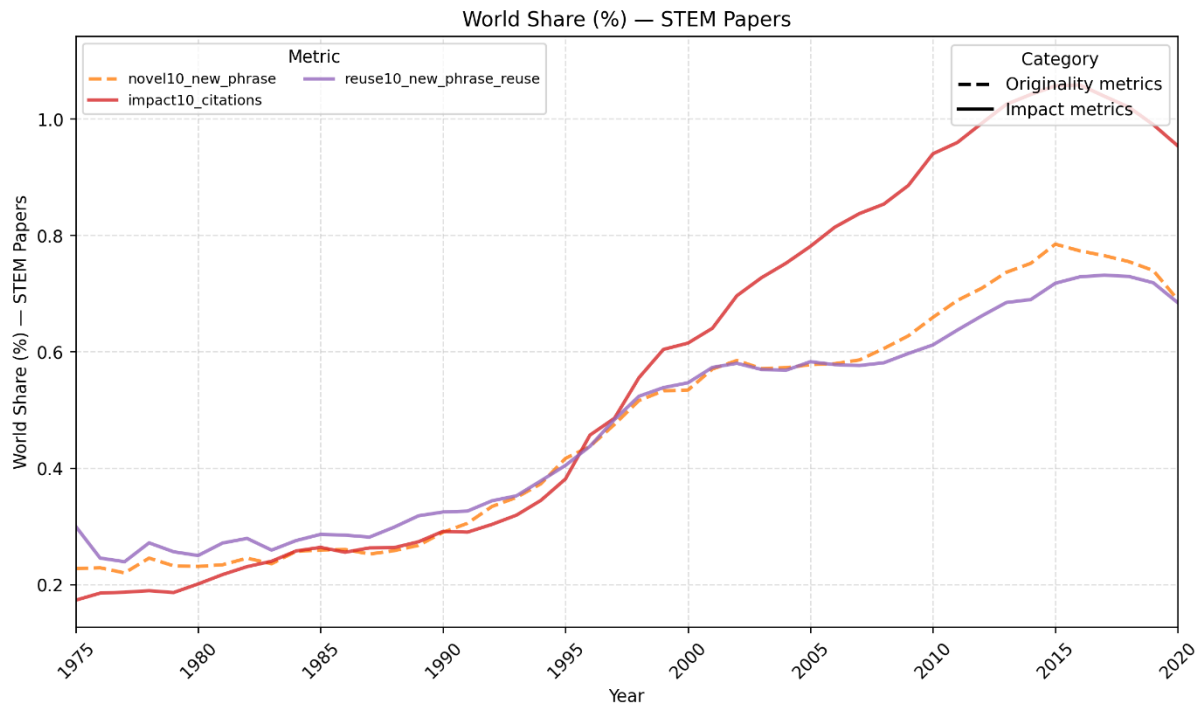
In dit hoofdstuk verdiepen we de analyse van doorbraakonderzoek door specifiek in te zoomen op het STEM-domein (Science, Technology, Engineering and Mathematics) – een domein van groot strategisch belang voor Vlaanderen, gezien zijn centrale rol in industriële innovatie, technologische vooruitgang en economische groei. STEM vormt bovendien een belangrijke pijler binnen het Vlaamse wetenschaps- en innovatiebeleid.

Voor wetenschappelijke publicaties wordt het STEM-domein in dit rapport afgebakend op basis van de OpenAlex-classificatie. Concreet omvat het de volgende subdomeinen: Engineering, Physics and Astronomy, Agricultural and Biological Sciences, Environmental Science, Materials Science, Computer Science, Chemistry, Earth and Planetary Sciences, Mathematics, Decision Sciences, Energy en Chemical Engineering. Dit STEM-cluster omvat dus alle exacte en toegepaste wetenschappen, met uitzondering van de sociale en humane wetenschappen.

In wat volgt analyseren we hoe Vlaanderen zich binnen dit STEM-domein positioneert op het vlak van vernieuwend en impactvol wetenschappelijk onderzoek, aan de hand van de eerder gedefinieerde doorbraakindicatoren. De nadruk ligt op de beoordeling van Vlaanderen's relatieve sterkte, groeidynamiek en internationale positionering binnen dit strategisch relevante kennisdomein.

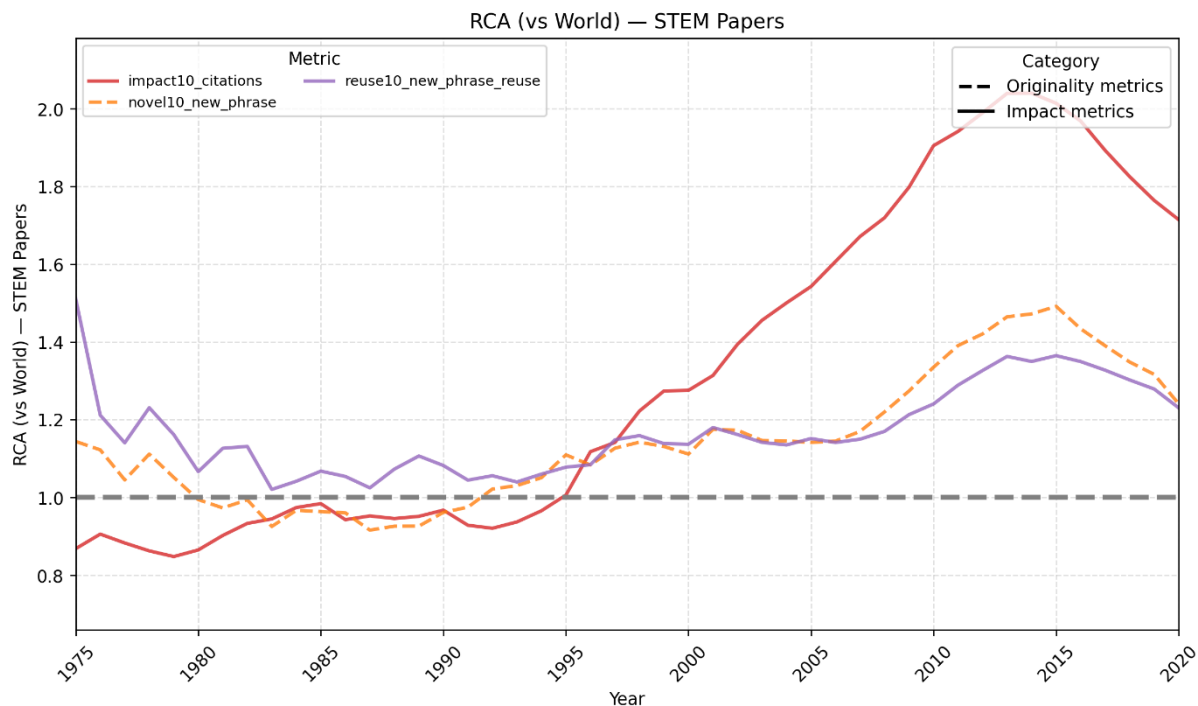
Octrooianalyse wordt in dit hoofdstuk niet behandeld. Enerzijds is er geen één-op-éénmapping tussen STEM-subdomeinen en technologieklassen. Anderzijds stemt het overgrote deel van de technologische output van Vlaanderen overeen met het bredere STEM-domein. Voor inzichten in de technologische dimensie verwijzen we daarom naar het hoofdstuk met de algemene octrooianalyse voor Vlaanderen.

Figuur 10.1: Aandeel van Vlaanderen in de Wereldwijde Output van Vernieuwende en Impactvolle Publicaties in het STEM Domein



Figuur 10.1 toont de evolutie van het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde wetenschappelijke output binnen het STEM-domein, gemeten via kernindicatoren voor doorbraakpotentieel. Sinds de jaren 1990 is een structurele toename zichtbaar, vooral voor citatie-impact. Hoewel het Vlaamse aandeel in STEM-publicaties iets lager ligt dan het gemiddelde over alle domeinen, volgt het wel een even sterke en consistente groeicurve. Dit duidt op een robuuste en aanhoudende versterking van Vlaanderen binnen het internationale STEM-onderzoek, met een duidelijke toename in het aandeel publicaties met vernieuwende of impactvolle kenmerken.

Figuur 10.2: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende en Impactvolle Publicaties in het STEM Domein (t.o.v. Wereld)



Figuur 10.2 toont hoe Vlaanderen zich op elk van de doorbraakindicatoren positioneert ten opzichte van het wereldgemiddelde. Sinds 1995 ligt de RCA-score structureel boven 1. Vlaanderen heeft binnen STEM dus een uitgesproken comparatief voordeel opgebouwd op het vlak van vernieuwende en impactvolle publicaties. Dit bevestigt de sterke internationale positie van Vlaanderen in hoogwaardig STEM-onderzoek.

11 Technologisch doorbraakonderzoek in Digitale en Elektroniketechnologie

In dit hoofdstuk verdiepen we de analyse van doorbraakonderzoek door specifiek in te zoomen op het domein van digitale en elektroniketechnologie – een technologisch kerngebied met strategisch belang voor Vlaanderen, onder meer vanwege zijn centrale rol in de ontwikkeling van micro-elektronica, digitale systemen en communicatie-infrastructuren. Dit domein vormt een belangrijke motor van innovatie in sectoren zoals ICT, halfgeleiders en geavanceerde productie.

In tegenstelling tot het vorige hoofdstuk, dat focuste op wetenschappelijke publicaties, richt dit hoofdstuk zich uitsluitend op technologische innovatie, gemeten aan de hand van octrooien toegekend door het Amerikaanse USPTO. De reden hiervoor is dat er geen directe één-op-éénkoppeling bestaat tussen wetenschappelijke domeinen (zoals gedefinieerd in OpenAlex) en de classificatie van digitale en elektroniketechnologie.

Voor de afbakening van het technologiedomein gebruiken we de NBER-classificatie voor octrooien. Concreet gaat het om de categorieën Computers & Communications en Electrical & Electronic, die samen onder meer de volgende technologiegroepen omvatten: computing en dataverwerking, informatiestorage (zoals geheugensystemen), elektronische componenten (zoals halfgeleiders en transistors), elektronische schakelingen, communicatiesystemen (zowel bekabeld als draadloos), en aanverwante technologieën.

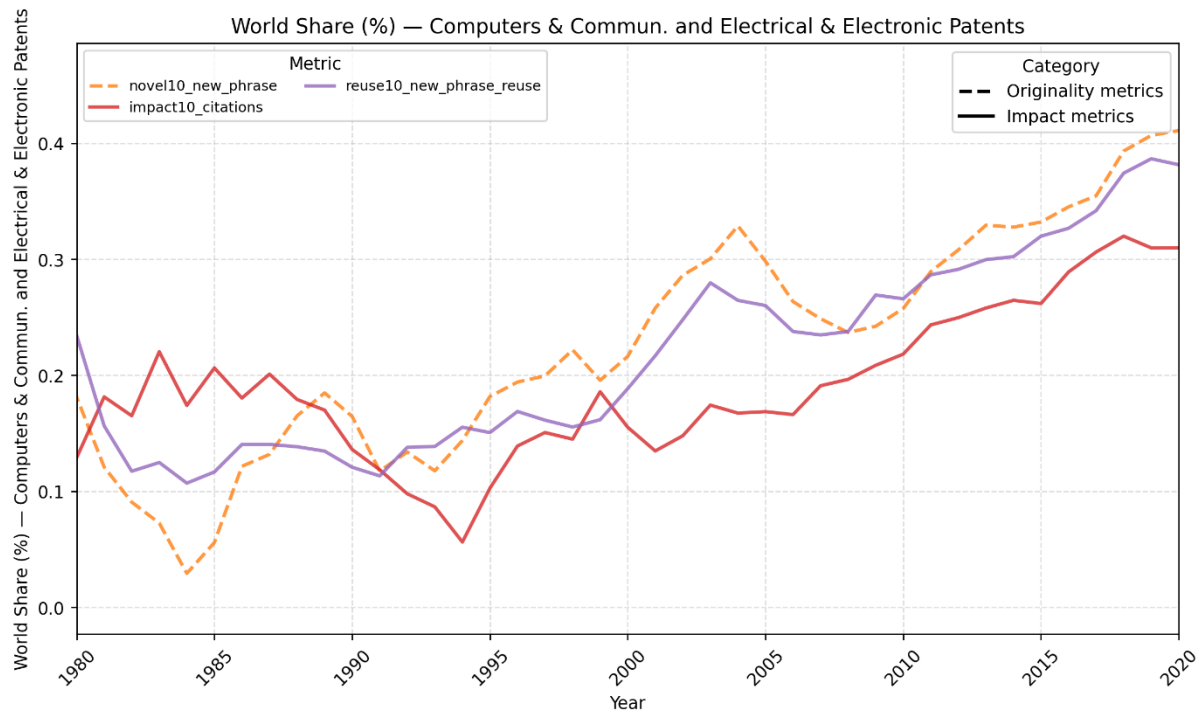
In wat volgt analyseren we hoe Vlaanderen binnen dit domein presteert op het vlak van vernieuwende en impactvolle technologische innovatie, aan de hand van de eerder gedefinieerde doorbraakindicatoren. De focus ligt op Vlaanderen's relatieve positionering binnen de wereld.

Figuur 11.1 toont het aandeel van Vlaanderen in de wereldwijde octrooiproductie binnen digitale en elektroniketechnologie, gemeten aan de hand van drie indicatoren die het doorbraakpotentieel weerspiegelen. Hoewel het aandeel initieel sterk schommelt, is sinds het begin van de jaren 2000 een duidelijke stijgende trend zichtbaar. Dit wijst op een versterkende positie van Vlaanderen binnen de internationale technologische ontwikkeling in dit domein.

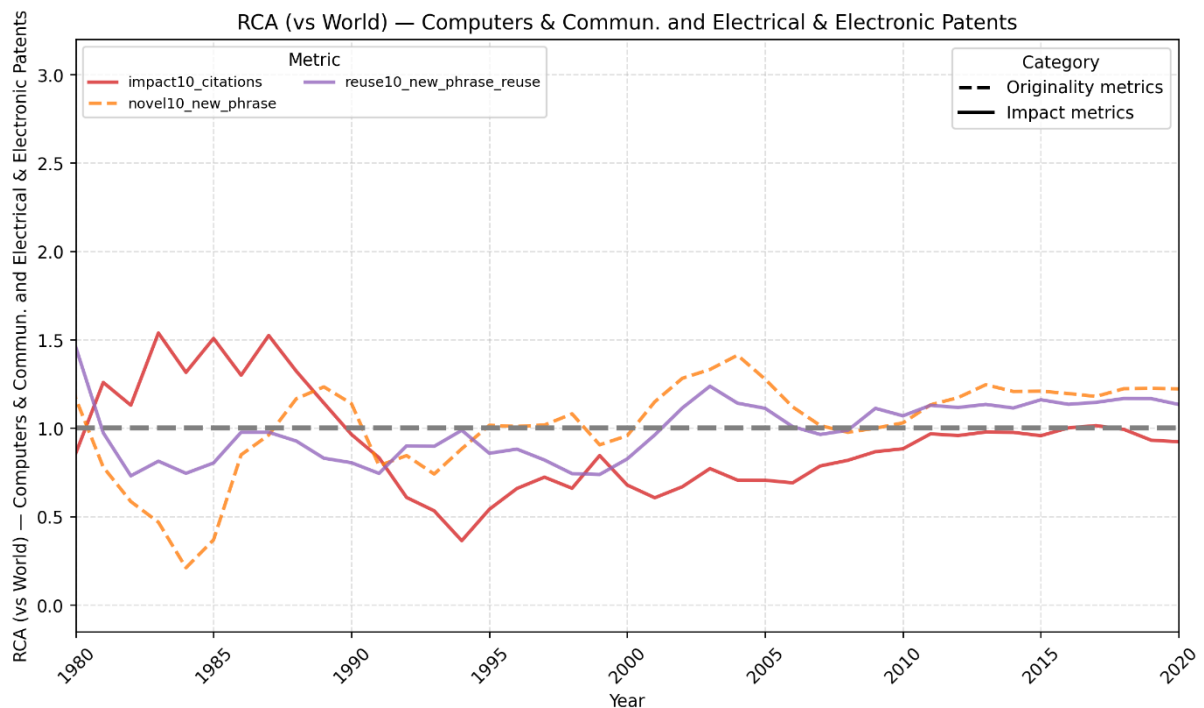
Figuur 11.2 toont in welke mate Vlaanderen relatief gespecialiseerd is in technologische doorbraakinnovaties binnen digitale en elektroniketechnologie, in vergelijking met de rest van de wereld. De scores liggen doorgaans net boven of rond het wereldgemiddelde, wat wijst op een licht comparatief voordeel, zonder uitgesproken specialisatie.

De combinatie van een stijgend aandeel in de wereldwijde technologische output en een consistent matig comparatief voordeel op meerdere dimensies van technologische vernieuwing, suggereert dat Vlaanderen in dit domein solide gepositioneerd is. Deze positionering sluit aan bij bestaande Vlaamse sterktes in micro-elektronica en digitale systemen, en benadrukt het strategisch belang van blijvende investeringen in deze sleuteltechnologieën.

Figuur 11.1: Aandeel van Vlaanderen in de Wereldwijde Output van Vernieuwende en Impactvolle Octrooien in Digitale en Elektroniketechnologie



Figuur 11.2: Comparatief Voordeel van Vlaanderen in Vernieuwende en Impactvolle Octrooien in Digitale en Elektroniketechnologie (t.o.v. Wereld)



12 Conclusie

De resultaten van de doorbraak-analyse schetsen een helder maar genuanceerd beeld van de evolutie van Vlaanderen als kennisregio. Zowel op het vlak van wetenschap als van technologieontwikkeling is sprake van een structurele en aanhoudende groei, maar de doorbraakdimensie van die groei en de relatieve internationale positionering van Vlaanderen ten opzichte van benchmarklanden en -regio's verschillen fundamenteel tussen beide domeinen. Deze verschillen zijn van groot belang voor beleidsmakers die strategisch willen investeren in het Vlaamse kennis- en innovatiesysteem.

De meest opvallende vaststelling is dat Vlaanderen internationaal een sterke vooruitgang heeft geboekt in wetenschappelijke productie. Niet alleen is het totale aantal publicaties fors toegenomen, ook het aandeel publicaties die als zeer vernieuwend en impactvol worden beschouwd – onze indicatoren voor doorbraakarakter, gemeten via alternatieve, op tekst en citaties gebaseerde maatstaven – is in nog sneller tempo gegroeid. Vlaanderen slaagt er dus niet alleen in om meer wetenschappelijke kennis te produceren, maar ook om output te genereren die vernieuwend is en internationaal weerklank vindt, binnen de EU maar ook op wereldvlak. Deze combinatie van sterke groei in zowel nieuwheid als impact wijst op een robuuste basis voor doorbraakideeën die bijdragen aan Vlaanderen's internationale positie in wetenschappelijke kenniscreatie.

In het technologische domein – gemeten via USPTO-octrooien – is er eveneens sprake van groei, maar het patroon verschilt. Vlaanderen kent een duidelijke stijging in het aantal toegekende octrooien, en neemt binnen België een centrale positie in. In de bredere Europese en mondiale context is de concurrentie echter sterker. Wat betreft het doorbraakpotentieel – hoge nieuwheid en hoge impact – toont Vlaanderen ook in octrooien vooruitgang. Toch blijft de relatieve positie ten opzichte van technologische koplopers als de Verenigde Staten, Zwitserland, Israël, Singapore en recent ook China achter. Binnen de EU-27 behoort Vlaanderen wel tot de beter presterende regio's, maar de leiderspositie is minder uitgesproken dan bij wetenschappelijk onderzoek.

De focus op doorbraakdimensies – hoge nieuwheid en hoge impact – biedt waardevolle nuance in de analyse van Vlaanderen's positie in het internationale kennis- en technologiesysteem. Vlaanderen boekt vooruitgang op al deze dimensies, maar vooral in de wetenschappelijke kenniscreatie is de basis sterk en internationaal competitief. In een context waarin niet alleen het volume, maar vooral de kwaliteit en het vernieuwende karakter van kennis bepalend zijn voor impact, blijkt Vlaanderen bijzonder sterk in wetenschap, maar minder uitgesproken in technologie. Dit wijst op ruimte voor verbetering in de vertaalslag van fundamentele kennis naar technologisch valoriseerbare innovaties. Vlaanderen moet in de bredere Europese en mondiale context blijven investeren in doorbraak-technologieontwikkeling en ondersteunende valorisatie-infrastructuren om dit potentieel ten volle te benutten. Vlaanderen beschikt vandaag over een sterke, doorbraakgerichte

kennisbasis. De uitdaging ligt in het structureel vertalen van die kennis in innovaties met hoge maatschappelijke en economische impact.

De bevindingen in dit rapport wijzen op de nood aan een toekomstgericht beleid dat gedifferentieerd en doelgericht is. Voor het wetenschappelijke domein betekent dit het voortzetten en versterken van beleid dat inzet op fundamenteel en origineel onderzoek, met ruimte voor risico en experiment. Aangezien de internationale concurrentie de laatste jaren sterker is geworden, kan de huidige sterke positie niet als vanzelfsprekend worden beschouwd. Voor het technologische domein lijkt bijkomende ondersteuning nodig voor ecosystemen die de brug slaan tussen kenniscreatie en toepassing – via technologieoverdracht, spin-offs, strategische samenwerkingen tussen publieke en private actoren, en een doelgericht intellectueel eigendomsbeleid.

Hoewel het rapport reeds interessante bevindingen blootlegt rond doorbraakdimensies in de internationale positie van Vlaanderen, roept het ook nieuwe vragen op. Zo is het belangrijk om beter in kaart te brengen hoe wetenschappelijke doorbraken doorstromen naar technologie. Dit kan door citaties van publicaties in octrooien te analyseren, maar ook door te meten in welke mate vernieuwende concepten uit Vlaamse publicaties worden hergebruikt in uitvindingen. Dergelijke tekstgebaseerde analyses zijn technisch mogelijk, maar vielen buiten het mandaat van deze studie.

Eveneens cruciaal is het scherper in kaart brengen van de ecosystemen die deze doorstroming mogelijk maken. Welke typen actoren nemen wetenschappelijke doorbraken op en vertalen deze succesvol naar technologische innovatie? Grote bedrijven, spin-offs, universiteiten, intermediaire onderzoeksinstituten? En in welke mate speelt geografische nabijheid daarbij een rol? Ook dergelijke analyses zijn mogelijk, maar vielen buiten de scope van dit rapport.

Het verder karakteriseren van wetenschaps- en technologie-ecosystemen gebeurt idealiter domeinspecifiek. In Vlaanderen denken we hierbij aan biotech-clusters (zoals VIB) en digitale/chipsclusters (zoals IMEC). Een eerste aanzet tot domeinspecifieke analyse is reeds opgenomen in dit rapport, waarin de kernindicatoren werden toegepast op de belangrijkste wetenschaps- en technologiegebieden, evenals op verschillende types octrooiaanvragers. Deze analyses bevestigen de hoofdtrends van het rapport, maar vereisen verdere verdieping om de werking van ecosystemen beter te begrijpen – in het bijzonder hoe wetenschappelijke doorbraakkennis wordt omgezet in innovaties met hoge maatschappelijke en economische impact.

Tot slot: hoewel Vlaanderen zich moet positioneren in een context van intense internationale concurrentie, ontstaat kenniscreatie steeds vaker via internationale samenwerking. Over de volledige periode 1980–2022 kan ongeveer 58% van alle Vlaamse wetenschappelijke publicaties als internationaal worden beschouwd, waarbij ten minste één van de co-auteurs een buitenlandse affiliatie heeft. Dit aandeel is sterk toegenomen: van minder dan 20% in 1980 tot circa 70% in 2022. Voor octrooiaanvragen liggen deze percentages aanzienlijk lager, maar ook hier is een duidelijke opwaartse trend zichtbaar. Een octrooi wordt als internationaal

beschouwd wanneer ten minste één van de uitvinders gelokaliseerd is buiten België. Op basis daarvan steeg het aandeel internationale aanvragen van ongeveer 2% in 1980 naar circa 12% in 2022. Een belangrijk vervolgonderzoek zou dan ook moeten nagaan met welke landen en regio's Vlaanderen het vaakst samenwerkt bij doorbraakpublicaties en -octrooien, en welke impact deze internationale samenwerkingen genereren.

Samengevat: Vlaanderen heeft een sterke uitgangspositie in wetenschap. De uitdaging ligt in het versterken van de brug naar technologie, om zo de volledige innovatieketen maximaal te benutten.

13 Referenties

- Arts, S., Hou, J., & Gomez, J. C. (2021). Natural language processing to identify the creation and impact of new technologies in patent text: Code, data, and new measures. *Research policy*, 50(2), 104144. doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104144>
- Arts S, Melluso N, Veugelers R. (2025). Beyond Citations: Measuring Novel Scientific Ideas and their Impact in Publication Text. Forthcoming in *Review of Economics and Statistics*. doi: https://doi.org/10.1162/rest_a_01561
- Harhoff, D., Narin, F., Scherer, F. M., & Vopel, K. (1999). Citation frequency and the value of patented inventions. *Review of Economics and statistics*, 81(3), 511-515.
- Park, M., Leahey, E. & Funk, R.J. (2023). Papers and patents are becoming less disruptive over time. *Nature* 613, 138–144 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05543-x>
- Wang, J., Veugelers, R., & Stephan, P. (2017). Bias against novelty in science: A cautionary tale for users of bibliometric indicators. *Research Policy*, 46(8), 1416-1436.

