



Rapport

Het Nederlandse investeringsgat

Auteurs

Ron van Maurik, Thijmen van Bree,
Jasper van Kempen, Mirella Schrijvers,
Hettie Boonman

TNOvector
Centre for Societal Innovation and Strategy

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	4	Methode en resultaten Kosten-batenanalyse R&D	32
Dankwoord	8	Conclusie	36
		Beperkingen van de methode en benodigd vervolgonderzoek	38
Hoofdthema 1: Nederland moet anders groeien: wat zijn de mogelijke motoren van groei?	9	Hoofdthema 3: De omvang van het investeringsgat	41
Aanleiding en context	9	Resultaten: de schatting van het investeringsgat	41
Beperkte ruimte voor groei via arbeidsaanbod	10	Methodologie	45
Het realiseren van arbeidsproductiviteitsgroei is cruciaal	11	Conclusie:	48
Kapitaalinvesteringen in Nederland	13	Handelingsperspectief	49
R&D-investeringen en TFP-groei	16	Referenties	50
Randvoorwaarden en aanvullend beleid	17	Appendix A — Variabelendefinities en constructie	54
Conclusie:	19	Productiefunctie en TFP (A)	54
Hoofdthema 2: Van kennis naar groei: de structurele relatie tussen R&D en productiviteit in Nederland	20	Appendix B — Robuustheid en diagnostiek	59
Doel en theoretisch kader	20	Appendix C – Methodologie – Kosten-batenanalyse R&D – structurele stijging van de R&D stock	62
Methode en schattingsaanpak	21	Appendix D – Robuustheid van de resultaten	64
Lange-termijnrelatie	22	Appendix E - Alternatieve benaderingen	65
Korte-termijndynamiek (ECM)	23		
Samenvattende interpretatie	24		
Resultaten regressieanalyse	25		

Managementsamenvatting

Context

Nederland staat voor grote maatschappelijke en economische uitdagingen die structurele veranderingen en substantiële investeringen vereisen (Denkwerk, 2025; SER, 2025). Tegelijkertijd laten de recente ramingen van het Centraal Planbureau zien dat de middellangetermijngroei duidelijk onder het niveau ligt dat nodig is om de stijgende uitgaven te dragen zonder ingrijpende maatregelen (CPB, 2025a; CPB, 2025b; Denkwerk, 2025). Om onze welvaart en brede welbevinden op peil te houden, is een structurele groeiversnelling van circa 0,6 procentpunt nodig. Omdat het arbeidsaanbod de komende decennia nauwelijks groeit, moet toekomstige welvaart vooral komen uit productiviteitsgroei (TNO Vector, 2025a). Die ontwikkeling blijft echter achter (CPB en CBS, 2025).

Dat maakt gerichte investeringen in kennis, innovatie en R&D, naast investeringen in productief kapitaal, essentieel. Zowel TNO, de OECD en het kabinet benadrukken dat alleen een sterke kennisbasis het verdienvermogen van Nederland kan versterken (TNO Vector, 2025b; OECD

2025b; Ministerie van Economische Zaken, 2025c). Peter Wennink, voorzitter van de Adviesgroep Toekomstig Verdienvermogen, waarschuwde dat Nederland achteropraakt in innovatiekracht (FD, 2025):

“Terwijl anderen al op de snelweg rijden, staan wij nog in de bus op de parkeerplaats.”

Tegen deze achtergrond is dit onderzoek uitgevoerd, op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken (EZ), mede als input voor het advies Toekomstig Verdienvermogen van Wennink (2025). Centraal staat de vraag welke aanvullende investeringen nodig zijn om de structurele groei richting 1,5% per jaar te brengen. Met andere woorden: wat is het investeringsgat dat Nederland moet dichten om deze noodzakelijke groeiversnelling te realiseren? Het groeitempo dat volgens Denkwerk (2025) minimaal nodig is om de oplopende structurele uitgaven binnen houdbare overheidsfinanciën te kunnen opvangen.

Het effect van R&D op productiviteitsgroei

In veel nationale ramingen en groeimodellen wordt de rol van kennis en innovatie niet of nauwelijks meegenomen. Daardoor blijft onzichtbaar hoe R&D-uitgaven bijdragen aan de structurele groei van de Nederlandse economie. Dit rapport vult die leemte door de relatie tussen R&D, productiviteit en economische groei systematisch te kwantificeren, op basis van econometrische schattingen en beleidsrelevante scenario's.

R&D vormt de motor van kennis-economieën. De jaarlijkse R&D-uitgaven zijn te zien als de investeringsstroom waarmee nieuwe kennis wordt ontwikkeld en toegevoegd aan de zogenoemde R&D-stock: de opgebouwde kennisvoorraad van een land. Deze kennisvoorraad groeit door investeringen, maar neemt af door afschrijving wanneer kennis veroudert. De R&D-stock laat dus zien hoeveel kennis beschikbaar is om productiever te werken, te innoveren en te concurreren.

Die kennisvoorraad bepaalt hoe efficiënt arbeid en kapitaal worden ingezet,

oftewel de totale factorproductiviteit (TFP). Een stijging van de TFP betekent dat een economie met dezelfde hoeveelheid mensen en middelen méér kan produceren dan voorheen. Naarmate de R&D-stock groeit en wordt vernieuwd, stijgt de productiviteit structureel – en daarmee ook de economische groei.

Dit onderzoek laat zien hoe investeringen in kennis zich vertalen in productiviteit, en productiviteit in duurzame groei van het bbp. Om dit te meten is een regressieanalyse uitgevoerd die het effect van R&D op TFP schat – zowel op de korte als de lange termijn. De resultaten van dit onderzoek laten zien dat R&D een duidelijk en significant positief effect heeft, maar dat dit effect pas na verloop van tijd zichtbaar wordt. Op korte termijn is de invloed nog beperkt: investeringen in onderzoek hebben tijd nodig om zich te vertalen in innovatie en meetbare productiviteitsgroei.

Wanneer de R&D-stock structureel toeneemt, stijgt de productiviteit geleidelijk mee, totdat de economie zich heeft aangepast aan het nieuwe, hogere kennisniveau. Met andere woorden: de baten van extra R&D

worden niet onmiddellijk zichtbaar, maar bouwen stap voor stap op. Daarmee bevestigt dit onderzoek dat R&D op de lange termijn een wezenlijke bijdrage levert aan hogere productiviteit en dus aan structurele economische groei.

De resultaten laten verder zien dat R&D een traag maar krachtig effect heeft. Gemiddeld wordt slechts 12% van het uiteindelijke effect per jaar zichtbaar. Er zit tijd tussen het creëren van nieuwe kennis en het toepassen daarvan in producten of productieprocessen. Dat betekent dat het enkele jaren duurt voordat extra investeringen in onderzoek zichtbaar bijdragen aan de productiviteit.

Op de lange termijn is het verband echter sterk: zodra de nieuwe kennis volledig is doorgedrongen in de economie, zorgt een 1% grotere R&D-stock – dus een 1% grotere kennisvoorraad – voor een structurele stijging van de productiviteit met circa 0,22%. Omdat productiviteit de motor is van economische groei, vertaalt dit zich direct in een hogere structurele bbp-groei. R&D werkt dus langzaam, maar het eind-

resultaat is duurzaam en krachtig: het maakt de economie op de lange termijn slimmer, efficiënter en productiever. Alleen een consistent beleid biedt bedrijven en kennisinstellingen de ruimte om nieuwe technologieën te ontwikkelen, frontierkennis te benutten en de huidige achterstand om te zetten in een nieuwe fase van inhaalgroei.

Effect van kapitaal op groei

Ook voor fysiek kapitaal, zoals machines en fabrieken, is berekend in welke mate extra investeringen bijdragen aan groei. Het rendement op kapitaal ligt in Nederland rond de 8%, wat betekent dat elke extra euro aan investeringen gemiddeld ongeveer 8 cent aan extra bbp per jaar oplevert. Dit komt er op neer dat elke extra euro aan kapitaalinvesteringen tot 2050 circa €1,4 aan extra economische output oplevert, terwijl elke euro aan extra R&D gemiddeld €2 tot €3 oplevert.¹ Daarmee dragen kapitaalinvesteringen bij aan groei, maar minder sterk dan kennisinvesteringen, die via productiviteitsgroei op de lange termijn veel meer opleveren. Omdat de ruimte om R&D op korte termijn op te schalen niet

onbeperkt is, is het van belang te focussen op gerichte kapitaal investeringen. Die kunnen een verdere bijdrage leveren om economische groei te verhogen richting 1,5%. Daarnaast zijn kapitaalinvesteringen van belang om nieuwe kennis daadwerkelijk om te zetten in productie en economische activiteit.

Investeringsopgave 2026–2035

TNO heeft berekend dat het investeringsgat voor 2026–2035 minimaal €187 miljard bedraagt om de bbp-groei te verhogen naar ongeveer 1,5% in de periode tot 2035, zoals in tabel 1 uiteengezet. Daarvan betreft € 87 miljard R&D-investeringen en € 100 miljard kapitaalinvesteringen. Gezien de gevolgde schattingsmethode verwacht TNO dat deze resultaten waarschijnlijk een onderschatting zijn van het totale investeringsgat. De schatting kan daarom worden geïnterpreteerd als een “minimale investeringsopgave” voor Nederland.

De baseline gaat uit van een basisscenario waarin de R&D-intensiteit van Nederland constant blijft rond 2,3% van het bbp. Zonder

aanvullend beleid zou die intensiteit echter dalen richting 2%, vooral door teruglopende publieke R&D-uitgaven (TNO, 2025a). Daarom is in de totale R&D-opgave €9 miljard à €11 miljard opgenomen om deze daling te voorkomen.

Naast de omvang van de investeringsopgave is ook de economische opbrengst ervan relevant. Uit onze doorrekeningen blijkt dat elke euro uit het totale investeringspakket (R&D én kapitaal) gemiddeld circa €1,8 aan extra bbp oplevert tot 2050. Het rendement op kennisinvesteringen is het hoogst: elke euro extra R&D levert €2 tot €3 extra bbp op tot 2050.

Om deze opbrengsten tot 2050 te realiseren is het van belang dat de R&D-investeringen structureel worden volgehouden, ook na 2035. De kennisvoorraad neemt jaarlijks af door veroudering en afschrijving, waardoor incidentele impulsen niet volstaan om het hogere productiviteitsniveau vast te houden. Een stabiele en doorlopende investeringsstroom is nodig om de R&D-stock op peil te houden én verder te laten groeien.

¹ De genoemde opbrengsten per geïnvesteerde euro zijn gecontante langetermijnopbrengsten tot 2050, berekend met een discountvoet van 3%.

Tabel 1 – Schatting van het investeringsgat, in 2023 prijzen

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	Cumulatief 2026-2035
R&D investeringen (mln €)	5.000	6.450	6.805	7.485	7.650	7.925	8.440	8.540	9.065	9.590	76.950
Extra opgave bij huidig beleid											
laag (mln €)	533	1.296	1.751	2.549	3.144						9.273
hoog (mln €)	533	1.512	1.970	2.993	3.705						10.713
Kapitaal investeringen (mln €)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	100.000
Bbp groei baseline (%)	0,9	1,3	1,3	1,3	1,3	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
Bbp groei na investeringen (%)	1,0	1,4	1,5	1,6	1,7	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	
R&D-intensiteit na investeringen (% bbp)	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	

Impact investeringspakket op economische groei en bbp

De extra investeringen zorgen voor een duidelijk hoger groeipad. Waar de jaarlijkse groei in het basisscenario richting 2030 terugvalt tot circa 1%, blijft de reële groei met het investeringspakket rond 1,5 %. Dat verschil stapelt zich jaar op jaar op en resulteert in 2035 in een bbp dat ongeveer €40 miljard hoger ligt dan in het basiscenarion (zie figuur 1). Gezamenlijk leveren de extra investeringen tot en met 2035 een totale bbp-opbrengst op van circa €170 miljard ten opzichte van het basisscenario. Omdat nieuwe kennis en technologie tijd nodig hebben om door te werken in productiviteit en economische output, is in 2035 nog niet het volledige effect zichtbaar; de opbrengsten groeien daarna verder door naarmate de kennisvoorraad volledig wordt benut. Zo stijgt de jaarlijkse bbp-winst in 2036 al naar meer dan €50 miljard en over de lange termijn levert elke euro in het investeringspakket gemiddeld circa €1,8 aan extra bbp op. Gemiddeld groeit de economie in dit scenario na 2030 circa 0,6 procentpunt sneller dan

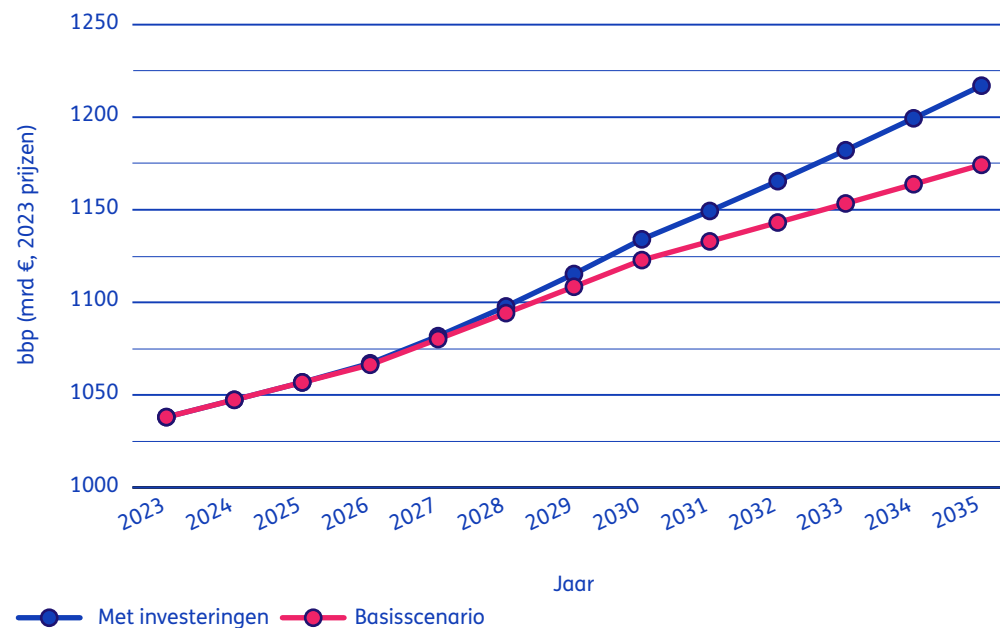
in het basisscenario, een verschil dat zich na 2035 verder vergroot wanneer de opgebouwde kennis haar volledige rendement oplevert.

Randvoorwaarden voor een houdbaar groeipad

Op de lange termijn rijst echter de vraag naar de houdbaarheid van zo'n groeipad. Naarmate de R&D-stock groter wordt, nemen ook de jaarlijkse onderhouds- en afschrijvingskosten toe die nodig zijn om de kennisvoorraad op peil te houden. Omdat R&D-uitgaven in dit groeipad procentueel sneller groeien dan het bbp, kan voortdurende opschaling ervan op de lange termijn tot onevenwichtigheden leiden: een steeds groter deel van de middelen zou dan nodig zijn om de bestaande kennisvoorraad in stand te houden in plaats van nieuwe kennis te ontwikkelen.

Bbp-ontwikkeling: Baseline versus nieuw groeipad

Effect van R&D- en kapitaalinvesteringen op Nederlandse bbp (2023-2035)



Figuur 1. ontwikkeling van het bbp in miljarden in 2023 prijzen tot en met 2035, in een basisscenario² en in een scenario met investeringspakket.

² Het basisscenario is gebaseerd op de middellange termijn ramingen van het CPB, waarbij we voor 2034 en 2035 de groei van 2033 hebben geëxtrapoleerd.

Daarom ligt de echte opgave niet alleen in méér investeren, maar vooral in slimmer investeren. Dat betekent R&D effectiever maken door de absorptiecapaciteit van de economie te versterken — het vermogen om kennis daadwerkelijk te benutten en om te zetten in productieve toepassingen. Dat vereist onder meer:

- beter gebruik van buitenlandse kennis via Europese en internationale samenwerking;
- gerichte investeringen in technologieën met hoog maatschappelijk en economisch rendement;
- versterking van digitale infrastructuur, menselijk kapitaal en organisatie-innovatie;
- en een innovatie-ecosysteem waarin kennis sneller wordt vertaald naar toepassingen in bedrijven en publieke sectoren.

Kortom: méér R&D is rendabel en noodzakelijk om het productiviteitsgat te dichten, maar het succes hangt af van de randvoorwaarden. Alleen wanneer we beide adresseren, kan extra R&D zich volledig vertalen in duurzame groei.

Dankwoord

Bij de totstandkoming van dit rapport is dank verschuldigd aan diverse experts en partners die de tijd hebben genomen om met ons in gesprek te gaan en hun inzichten te delen. Hun bijdragen hebben waardevolle perspectieven geboden bij de analyse en uitwerking van dit rapport.

Wij willen in het bijzonder onze dank uitspreken naar:

- Peter Hein van Mulligen – Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)
- Marjolijn Jaarsma – Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)
- Hugo Erken – Rabobank Research
- Frank van Es – Rabobank Research
- Gerbert Hebbink – De Nederlandsche Bank (DNB)
- Robert Paul Berben – De Nederlandsche Bank (DNB)
- Ide Kearney – De Nederlandsche Bank (DNB)
- Henry van der Wiel – Ministerie van Economische Zaken (EZ)
- Piet Donselaar – Ministerie van Economische Zaken (EZ)

Hoewel de genoemde experts en partners hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport, is TNO volledig verantwoordelijk voor de inhoud, analyse en conclusies.

Hoofdthema 1: Nederland moet anders groeien: wat zijn de mogelijke motoren van groei?

Aanleiding en context

Nederland staat voor aanzienlijke maatschappelijke en economische uitdagingen die de komende decennia om structurele veranderingen en substantiële investeringen vragen (Denkwerk, 2025). Zonder ingrijpen, met substantiële investeringen en vanuit een langetermijnvisie waarin bedrijven en overheden innoveren en effectiever omgaan met het beschikbare personeel, kapitaal en de fysieke ruimte (SER, 2025), kunnen we ons huidige niveau van welvaart en welzijn niet handhaven.

De vergrijzing van de bevolking zet de zorg en het sociale stelsel onder toenemende druk. De veranderde geopolitieke situatie maakt dat Europa op het gebied van defensie en veiligheid meer op de eigen capaciteit moet gaan leunen, in plaats van op die van de VS zoals in het verleden. De geopolitieke omstandigheden en afhankelijkheden in productieketens – denk aan kritieke grondstoffen en materialen, productiecapaciteit, technologie, talent, kennis en vaardigheden – maken bovendien dat Nederland en Europa meer regie willen voeren op het beheersen

van risico's. Denk aan het borgen van leveringszekerheid, onafhankelijk worden van Big Tech, de focus op strategische groeiemarkten, 'control points' of het stimuleren leidende posities in opkomende waarde- en productieketens (TNO Vector, 2024c) en versterken van economische weerbaarheid. Daarnaast heeft Nederland omvangrijke ambities op het gebied van duurzame energie en klimaat, die een transitie naar een duurzame energievoorziening en verduurzaming van economische activiteiten (beide met bijbehorende infrastructuurbehoefte) vereisen.

Deze uitdagingen vertalen zich in een structurele stijging van benodigde overheidsuitgaven. Aan de uitgavenkant van de overheid zullen met name de posten Zorg (samenhangend met de vergrijzing) en Defensie (samenhangend met de geopolitieke context en de verhoogde NAVO-norm) structureel om meer ruimte op de begroting vragen. Daarnaast vereisen de transitiekosten voor het realiseren van de ambities op het gebied van duurzame energie en klimaat substantiële investeringen en kapitaaluitgaven in de komende decennia.

Tegelijkertijd neemt de financiële ruimte aan de overheidsinkomstenkant af. De aardgasbaten dalen substantieel na sluiting van het Groningenveld, en de rentelasten op de staatsschuld dalen niet langer. Er is bovendien een politiek maximum aan belastingen en premies die geheven kunnen worden. Bij een te hoge belastingdruk ontstaat het risico op een krimpende beroepsbevolking en kapitaalvlucht naar het buitenland. Denkwerk (2025) becijfert dat dit maximum van belastingheffing rond 45-47% van het bbp ligt, waarbij de belastingdruk in Nederland nu rond 39% van het bbp ligt.

Hierop voortbouwend, zet Denkwerk (2025) uiteen dat het tempo van economische groei bepalend is voor de ruimte die Nederland heeft om de benodigde extra uitgaven en investeringen te financieren, binnen de Europese begrotingsafspraken. De analyse van Denkwerk (2025) laat zien dat bij een economische groei van rond 2% per jaar het overheidssaldo positief kan blijven en de Nederlandse staatsschuld kan afnemen, ondanks de kosten van de transities. In dit scenario zijn belastingverhogingen en extra

overheidsleningen om te investeren niet nodig. Bij gematigde economische groei (rond 1,5% per jaar) kan volgens Denkwerk (2025) het Nederlandse financieringsstekort in 2050 rond de Europese norm van minus 3% voor lopende uitgaven worden gehouden, zij het met een oplopende staatsschuld als gevolg van noodzakelijke transitie-uitgaven. Bij lagere economische groeiscenario's (rond 0,5% tot 1% per jaar) concluderen de auteurs van Denkwerk dat het overheidstekort en de staatsschuld tot onhoudbare omvang oplopen indien Nederland zijn ambities wil realiseren. De Denkwerk (2025) auteurs stellen dat dan zeer pijnlijke financiële ingrepen van historische omvang wachten (zoals bezuinigingen, belastingverhogingen, aanpassingen in AOW-uitkeringen en pensioenen en/of het privaat moeten accommoderen van de extra zorgvraag).

Het Centraal Planbureau (CPB) raamt in de meest recente Actualisatie Verkenning middellange termijn (juli 2025) een gemiddelde jaarlijkse economische groei van 1,3% voor de periode tot en met 2030, met ramingen voor de periode 2031-2033 die daar nog onder liggen. (CPB, 2025a, 2025b) Deze ramingen maken

duidelijk dat de reële economische groei op de middellange termijn onder het niveau kan komen te liggen dat nodig is om de hierboven geschetste verhoogde structurele uitgaven en transitie-investeringsopgave te kunnen financieren zonder substantiële belastingverhogingen of een (te sterk) oplopende staatsschuld.

Vraagstelling en aanpak

Tegen deze achtergrond wordt duidelijk dat Nederland er verstandig aan doet om de economische groei aan te jagen met gerichte investeringen en innovatie. Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken heeft TNO onderzocht welk ‘investeringsgat’ Nederland zou moeten dichten om de reële economische groei structureel te verhogen naar een niveau dat voldoende begrotingsruimte biedt voor de noodzakelijke maatschappelijke opgaven en transities. In ons onderzoek richten wij ons op investeringen in productief kapitaal, R&D (en andere immateriële activa) en innovatie. We gaan daarbij niet uitgebreid in op investeringen in randvoorwaardelijke zaken, zoals infrastructuur en het uitbreiden van het elektriciteitsnet om netcongestie tegen te gaan. Die zaken

komen aan bod in andere onderdelen van het bredere adviestraject van Wennink. Dit rapport presenteert de analyse en bevindingen vanuit ons onderzoek.

Beperkte ruimte voor groei via arbeidsaanbod

Economische groei wordt bepaald door de inzet van de productiefactoren kapitaal en arbeid en – als gevolg van veranderingen daarin in samenhang met R&D en innovatie – groei van de totale factorproductiviteit. Kapitaal verwijst naar de machines, (fabrieks)gebouwen en infrastructuur waarmee gewerkt wordt. Arbeid betreft het aantal mensen dat werkt en het aantal uren dat zij werken. Totale factorproductiviteit meet hoe efficiënt kapitaal en arbeid worden ingezet, en weerspiegelt technologische vooruitgang, innovatie en een betere organisatie van productieprocessen.

De Nederlandse economie is de afgelopen decennia vooral gegroeid door verhoging van de factor arbeid (met beleid gericht op loonmatiging en extra inzet van goedkope (flex)arbeid; Erken, 2024; TNO Vector, 2025a; Denker, 2025). Door de

vergrijzing (meer ouderen) en ontgroening (minder jongeren) van de bevolking zal het arbeidsaanbod in Nederland de komende decennia nauwelijks toenemen (PBL en CBS, 2022). Daar komt bij dat de arbeidsparticipatie in Nederland al op een dermate hoog niveau ligt, dat die nauwelijks verder verhoogd kan worden (CPB, 2024). Ook geeft het CPB (2024) aan dat het aantal uren dat mensen in Nederland werken lastig verhoogd kan worden. Dit heeft te maken met een combinatie van marginale druk (pikkels via belastingen en toeslagen die maken dat extra uren werken weinig of geen extra inkomen opleveren) en sociaal-culturele normen die maar langzaam veranderen (waarbij vooral vrouwen meer uren onbetaalde arbeid verrichten dan mannen, voor kinderopvang, mantelzorg e.d.) (CPB, 2024; OECD, 2023; OECD, 2025). Nederlanders werken weliswaar veel in deeltijd, maar wel bijna allemaal (CPB, 2024).

Wat betreft het verhogen van het aantal werkzame personen is het – naast de demografische ontwikkeling – lastig om extra arbeidsinzet te realiseren vanuit het huidige lage niveau van werkloosheid of via arbeidsmigratie – het buitenland

heeft immers ook te maken met arbeidsmarktkrapte en dezelfde trend in demografische ontwikkeling. Mede daardoor woedt er een internationale concurrentiestrijd om talent – in het bijzonder in beroepen waar specialistische technologische kennis gevraagd wordt. De mogelijkheden voor groei door de inzet van extra (buitenlandse) arbeid in Nederland worden ook hierdoor beperkt (TNO Vector, 2025a).

Daarnaast zal verhoging van de arbeidsinzet ook niet alle knelpunten op de arbeidsmarkt wegnemen (CPB, 2024). Dit heeft te maken met mismatches tussen de capaciteiten van werklozen en de wensen van werkgevers (Dekker, 2023). Bij het omgaan met grote maatschappelijke opgaven zoals de energietransitie, digitale transformatie en het betaalbaar en bemensbaar houden van publieke diensten zoals de zorg, veranderen die wensen van werkgevers bovendien in rap tempo. Er is dan ook blijvende aandacht nodig voor de kennis en vaardigheden van mensen, om deze aan te laten sluiten bij de toekomstige arbeidsvraag, o.a. via ‘upskilling’ en ‘reskilling’ (TNO Vector, 2025a).

We hebben te maken met arbeidsmarktkrapte in een tijd waarin de publieke sector juist steeds meer arbeid vraagt voor het op peil houden van publieke voorzieningen. De zorg heeft door de vergrijzing meer personeel nodig, het op peil houden van de onderwijskwaliteit vraagt om extra leerkrachten, er wordt een steeds groter beroep op politie- inzet gedaan en ook het defensie- en veiligheidsapparaat breidt uit, met plannen om het aantal militairen op te schalen naar 200.000. In een al krappe arbeidsmarkt, met een arbeidsaanbod dat tot 2040 nauwelijks zal toenemen, en de noodzaak om publieke dienstverlening van voldoende personeel te blijven voorzien, betekent dit dat er nóg minder arbeid beschikbaar is voor het realiseren van extra economische groei in de private sector.

De conclusie is helder: toekomstige economische groei en welvaart kan niet langer leunen op extra arbeidsinzet (meer mensen laten werken) of werkzame personen meer uren laten werken, maar moet vooral komen uit kapitaalinvesteringen en groei van de totale factorproductiviteit. Het

op peil brengen én houden van de arbeidsproductiviteitsontwikkeling is daarbij, tezamen met efficiënte inzet van schaarse productiefactoren, een belangrijke sleutel voor het toekomstig verdienvermogen van Nederland (en Europa).

Het realiseren van arbeidsproductiviteitsgroei is cruciaal

Arbeidsproductiviteitsgroei is een belangrijke voorwaarde voor de toekomstige creatie van welvaart en welzijn in Nederland. Groei van de arbeidsproductiviteit draagt niet alleen bij aan een gezonde economie en een sterkere concurrentiekracht van (MKB-) bedrijven. Het helpt ook om publieke voorzieningen op peil te houden, ons sociale stelsel te behouden en om maatschappelijke transities te realiseren. Arbeidsproductiviteit speelt hierdoor een sleutelrol in het draaiende houden van de maatschappij en het bevorderen van brede welvaart (van Bree, Vierhout en Geuskens, 2025; SER, 2025).

Het realiseren van arbeidsproductiviteitsgroei moet geen doel op zich zijn
DNB (2025) benoemt dat beleid dat uitsluitend is gericht op hogere productiviteit voorbij gaat aan de maatschappelijke waarde van activiteiten met een lagere gemeten productiviteit in bijvoorbeeld de horeca, handel, onderwijs of zorg. Daarnaast wijzen de DNB auteurs op hoogproductieve activiteiten die op gespannen voet kunnen staan met schaarstes aan natuur, land of energie. Voor iedere sector is arbeidsproductiviteit van belang voor de concurrentiekracht, maar niet de enige bepalende factor. Zo wijst DNB (2025) op de energie-intensieve industrie, waar met name de energiegebruikersprijzen doorslaggevend zijn voor de internationale concurrentiepositie.

De doorvertaling van het Draghi-rapport naar de Nederlandse context (TNO Vector, 2025b) wijst uit dat Nederland er wat energieprijzen betreft relatief slecht voor staat in vergelijking met buurlanden. Naast investeringen om een hogere arbeidsproductiviteitsgroei te realiseren, maakt dit dat er ook een urgentie is om te investeren in de randvoorwaardelijke duurzame energie-infrastructuur om Nederlandse energieprijzen en aansluitmogelijkheden op het elektriciteitsnet internationaal concurrerend te houden.

Arbeidsproductiviteitsgroei in Nederland blijft achter: noodzaak voor een nieuw groeipad

Het versnellen van de arbeidsproductiviteitsgroei is een grote, urgente uitdaging voor Nederland. Verschillende recente onderzoeken laten namelijk zien dat Nederland ten opzichte van omringende landen steeds meer terrein verliest in termen van de groei van arbeidsproductiviteitsgroei (zie o.a.

Roelandt et al., 2019; van Ark en de Vries, 2021; Erken, 2024; CBS, 2024; TNO Vector, 2025a). Nu vertraagt de arbeidsproductiviteitsgroei in ontwikkelde economieën al tientallen jaren (Roelandt et al., 2019; Fernald, Inklaar & Ruzic, 2023). Deze groeivertraging is in Nederland echter sterker dan in andere landen. Hierdoor verslechtert de concurrentiepositie van Nederland.

Analyses onder de arbeids-productiviteitsgroei in Nederland

CBS (2024) onderzocht specifieke factoren die bijdroegen aan de arbeidsproductiviteitsgroei in Nederland, met een nadruk op de periode 2013-2019 waarin die vertraging het sterkst was en Nederland afzakte op de productiviteitsranglijst. Uit de analyse van het CBS blijft dat de grootste oorzaak van de groeivertraging ligt in autonome ontwikkelingen binnen bedrijfstakken, met een grote rol voor de afbouw van gaswinning in Groningen. Structuureffecten (verschuivingen van arbeid tussen bedrijfstakken) hadden een beperkt effect op de vertraging van de totale arbeidsproductiviteitsgroei in Nederland, maar verklaren wel een deel van het verschil met andere landen, omdat deze in Nederland negatiever bijdroegen. Hier speelt ook mee dat Nederland (en Europa) een relatief grote publieke sector heeft, waar de productiviteit typisch minder snel groeit (Baarsma, 2025). Het CBS (2024) benoemt overigens

dat in de periode na corona (2020-2023) structuureffecten wel weer positief bijdroegen aan de arbeidsproductiviteitsgroei in Nederland. In die periode nam het aantal gewerkte uren relatief sterk toe in meer productieve bedrijfstakken, zoals het bankwezen en IT-en informatiedienstverlening.

National Productivity Board 2024 annual report (CPB/CBS, 2025)
In dit CPB-rapport wordt benoemd dat we nog niet helemaal begrijpen waarom de productiviteitsgroei is afgenomen. In de literatuur worden verschillende verklaringen gegeven, maar de bijdrage van iedere oorzaak is lastig vast te stellen – mede vanwege sterke verbanden tussen die oorzaken. Los daarvan wijzen de analyses in dit rapport wel op een relevant gegeven, namelijk dat heterogeniteit in de bedrijvenpopulatie een rol speelt bij de arbeidsproductiviteitsontwikkeling. Zo is de kloof tussen de meest productieve bedrijven en de minst productieve bedrijven gegroeid. Dit is een fenomeen dat zich ook binnen sectoren voordoet. Ook

blijkt dat exporteurs en hun directe toeleveranciers de meest productieve groep bedrijven in Nederland vormen. De productiviteit van exporteurs en hun toeleveranciers wordt versterkt via drie mechanismen: leereffecten, selectie en schaalvoordelen.

Voor een gezonde economische ontwikkeling en het bereiken van de groeicijfers die nodig zijn om de overheidsfinanciën, met fors hogere structurele uitgaven en transitieopgaven, op orde te houden, is het verhogen van de arbeids-productiviteitsgroei cruciaal. Het Centraal Planbureau verwacht in de actualisatie van de economische verkenning voor de middellange termijn dat de productiviteitsgroei tot 2026 met circa 0,1% per jaar groeit, en in de periode 2027-2030 met circa 1,0% per jaar. Voor de lange termijn (tot 2060) wordt door PBL en CPB (2025) in de WLO-scenario's 'Hoog' en 'Laag' respectievelijk uitgegaan van een gemiddelde arbeidsproductiviteitsgroei van 1,5% en 0,4% per jaar.

Met betrekking tot de opgave om de arbeidsproductiviteitsgroei in Nederland

te verhogen is duidelijk dat Nederland anders moet groeien dan dat het deed (Geurts et al., 2024). Hiervoor is het van belang om het aandeel van economische activiteiten met een hogere R&D-intensiteit en (daarmee) een groter potentieel voor productiviteitsontwikkeling te vergroten. Tegelijkertijd is het van belang om te sturen op activiteiten met minder negatieve externaliteiten (zoals vervuiling, CO₂ uitstoot, ruimtegebruik, grondstoffengebruik e.d.) en minder zwaar te leunen op goedkope, flexibele arbeid (TNO Vector, 2025a).

Het concurrentievermogen van Nederland en Europa hangt af van de mate waarin de Europese landen erin slagen om structureel innovatie, productiviteitsgroei en duurzame ontwikkeling te realiseren. Dit vereist het versterken van de mechanismen die aanpassing en vernieuwing van de economie mogelijk maken, via R&D en veel snellere adoptie en grootschalige toepassing van innovatie die de arbeidsproductiviteit verhoogt, ook voor het MKB (TNO, 2025c). In dit verband is het zorgelijk dat Nederland achterloopt in zowel de arbeidsproductiviteitsgroei als in uitgaven aan R&D (TNO, 2025b);

TNO Vector, 2025a; TNO Vector 2025b; TNO Vector, 2024d). Dit is zorgelijk, omdat er een duidelijke relatie is tussen R&D, innovatie, brede adoptie van innovatie, arbeidsproductiviteitsgroei en de concurrentiekracht van Nederland. Uitgaven aan R&D dragen bij aan nieuwe kennis en technologie en vormen daarmee de basis voor innovatie – oftewel succesvolle introductie en toepassing van nieuwe producten, diensten, processen en werkwijzen. R&D en innovatie, geflankeerd met kapitaalinvesteringen voor opschaling van productie, zijn daarmee het fundament voor de ontwikkeling van nieuwe economische activiteiten en bedrijvigheid.

Ook de SER (2025) benadrukt dat versterking van de arbeidsproductiviteitsontwikkeling in Nederland alle facetten van de economie raakt. Er is dan ook niet één factor aan te wijzen die deze groei versterkt. Het gaat om zowel kapitaalverdieping (door inzet van extra of nieuwe machines, ICT e.d. per eenheid arbeid), hogere kwaliteit van arbeid (beter benutten van menselijk kapitaal en het slimmer organiseren van werk) als groei van technologische en procesinnovatie (Total Factor Productivity).

Kapitaalinvesteringen in Nederland

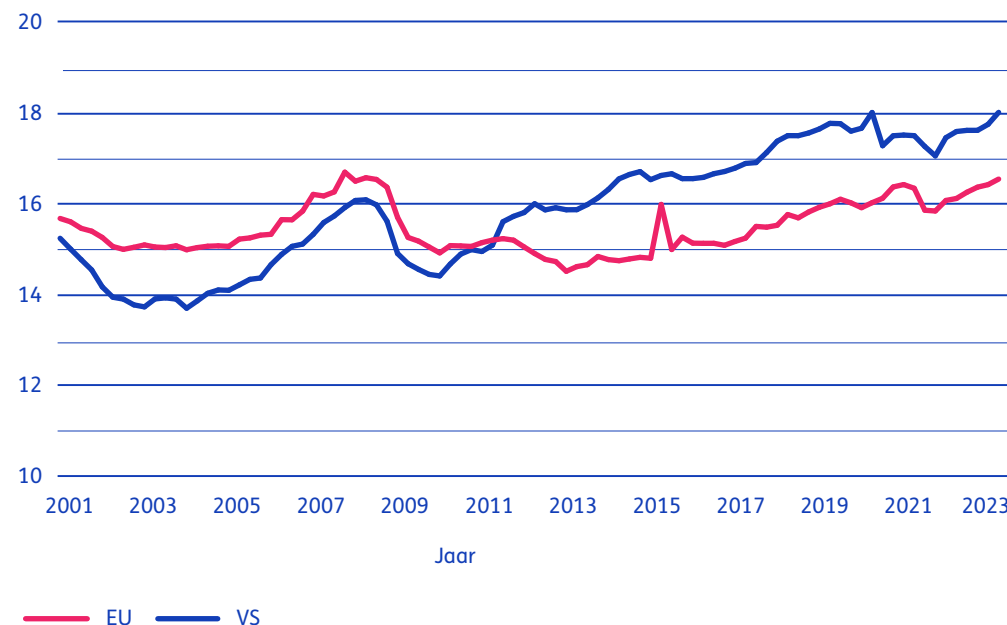
Een van de oorzaken van de achterblijvende productiviteitsgroei is het niveau van kapitaalinvesteringen. Mario Draghi (2024) ging in zijn analyse voor de Europese Commissie uitgebreid in op de investeringsachterstand van Europa ten opzichte van de Verenigde Staten. Daarmee samenhangend zijn investeringen verschoven naar sectoren met een grotere potentie voor productiviteitsgroei. Daarentegen observeert Draghi dat Europese investeringen zich in sterkere mate zijn blijven concentreren in volwassen technologieën en in sectoren waar de productiviteitsgroei van koplopers afremt.

Naast lagere R&D-uitgaven in Europa ten opzichte van de VS analyseerde hij daarbij ook de ‘reguliere’ investeringen in vaste activa. Hierbij keek hij niet naar de totale bruto investeringen in vaste activa, maar uitsluitend het ‘productieve deel’. Dit omvat de totale investeringen minus investeringen in huizen en andere bouwwerken. In het bijzonder gaat het dan om investeringen in machines, apparatuur, ICT hardware en software, databases en intellectueel eigendom. Het grootste

deel hiervan betreft private investeringen. Een belangrijk deel van de publieke investeringen in vaste activa hangt samen met investeringen in (infrastructurele) bouwwerken. Draghi schetste onderstaand verloop van de investeringsquote in

productieve vaste activa (omvang van investeringen ten opzichte van het bbp) in de VS en Europa. Daaruit blijkt dat na 2010 de productieve investeringen in Europa structureel onder die van de VS zijn komen te liggen.

Investeringen in productiviteit

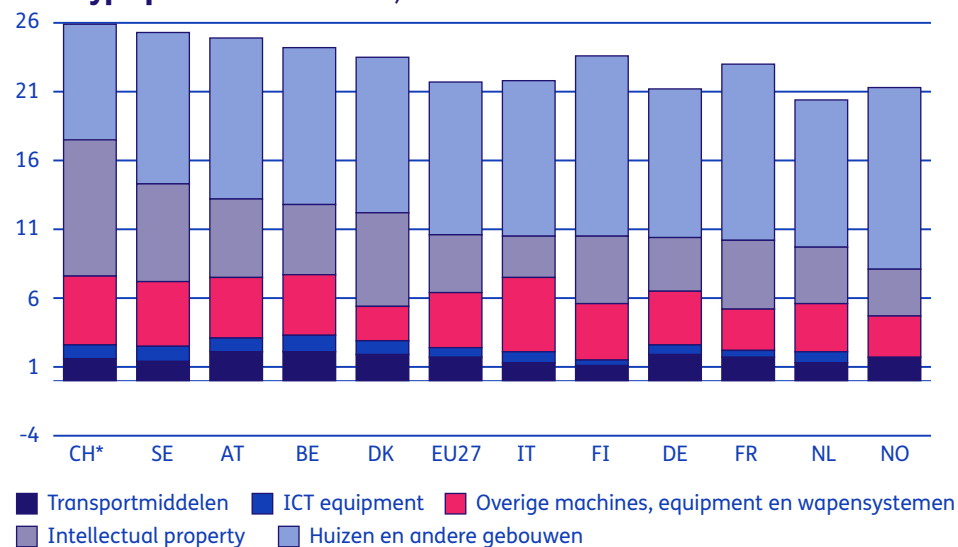


Figuur 2. Kapitaalinvesteringen in de EU in productieve activa, tegenover de kapitaalinvesteringen in de V.S., in % bbp

Binnen deze bredere Europese context rijst de vraag hoe Nederland het doet ten opzichte van andere EU-landen. Figuur 3 toont dat de investeringsquote van Nederland in de recente jaren (2021-2024) relatief laag ligt in vergelijking met andere EU-landen. Deze periode volgt

direct op de COVID-19 pandemie, waarin Nederland een relatief sterke bbp-groei heeft doorgemaakt, hoger dan het EU-gemiddelde. Dit roept de vraag op of hier sprake is van een 'noemer-effect': wanneer het bbp snel toeneemt, daalt automatisch de investeringsquote.

Gemiddelde bruto investeringen in vaste activa (als % van bbp); naar type productieve activa, 2021-2024



Figuur 3. Gemiddelde investeringsquote in Europese landen

* Cijfers voor Zwitserland (CH) zijn het gemiddelde over de jaren 2021-2023

Bron: Eurostat, bewerking TNO

Figuur 4 biedt meer inzicht in deze dynamiek door de bbp-groei in verschillende perioden weer te geven. In de periode 2021-2024 zien we inderdaad dat de bbp -groei in Nederland relatief sterk is geweest na corona, met name in vergelijking met landen zoals Duitsland. Dit lijkt het noemer-effect te bevestigen en suggereert dat Nederland het misschien helemaal niet zo slecht doet. Een blik op de langjarige gemiddelden (1995-2019) in figuur 4 nuanceert dit beeld echter. Over die langere periode loopt de groei van productieve investeringen in Nederland achter op het EU-27 gemiddelde. Tegelijkertijd presteerde Nederland in die periode wel beter dan Denemarken en België, twee landen die qua ligging, omvang en economische structuur (kleine open economieën) vergelijkbaar zijn met Nederland.

Wanneer we de meest recente periode (2021-2024) afzetten tegen het langjarige gemiddelde (1995-2019), zien we dat Nederland qua groei in productieve investeringen op een tempo onder het langjarige gemiddelde terecht is gekomen, terwijl er op basis van de sterke bbp-groei weinig reden voor lijkt te zijn. Nog opvallender is de vergelijking met België en Denemarken:

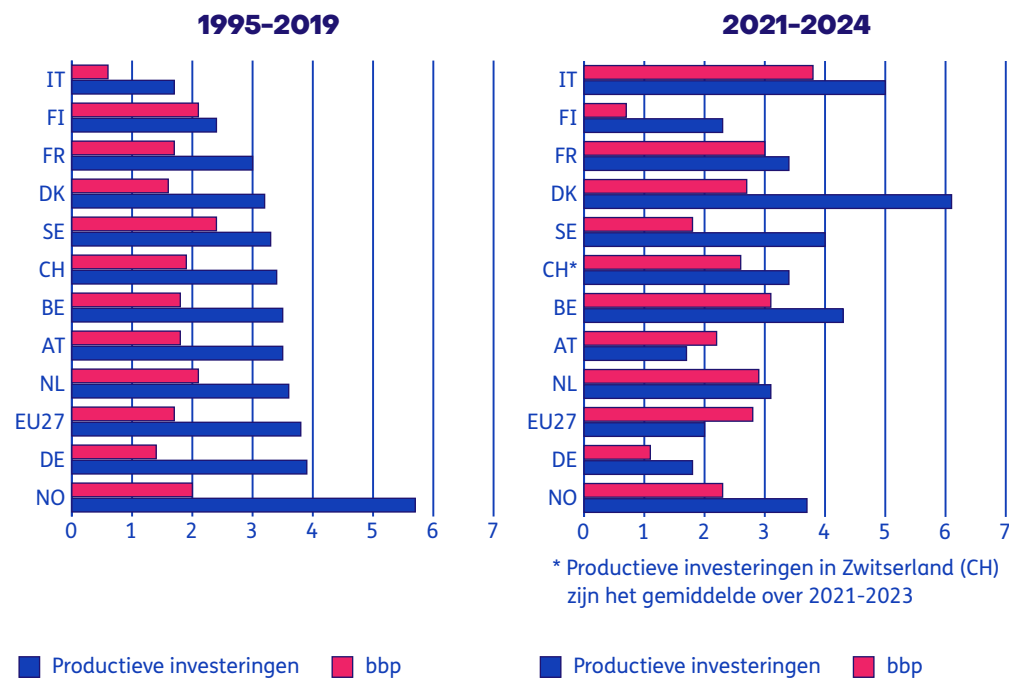
in deze landen zien we dat zowel de economische groei boven het langjarige gemiddelde (1995-2019) is gekomen, als ook dat de productieve investeringen zijn gestegen.

Figuur 5 laat de ontwikkeling van de Nederlandse investeringsquote in productieve activa over de tijd zien, afgezet tegen het EU-27 gemiddelde, België en Denemarken. Nederland reageert relatief sterk op economische crises, sterker dan het EU-27 gemiddelde. Deze volatiliteit laat scherpe dalingen van de investeringsquote tijdens recessieperioden zien, gevolgd door perioden waarin herstel relatief traag gaat. Als we België en Denemarken bekijken, zien we dat die twee landen als kleine, open economieën ook sterker dan het EU gemiddelde reageren op crises, maar we zien ook dat de investeringsquote zich daar weer sneller herstelt naar het oude niveau.

Wat deze figuur ook laat zien is dat het noemer-effect inderdaad een rol speelt bij het verklaren van de structureel lagere niveau van de Nederlandse investeringsquote ten opzichte van België en Denemarken over de langere termijn. Figuur 5 toont dat beide landen een hogere investeringsquote

hebben dan Nederland, maar zoals figuur 4 toont, lag over de periode 1995-2019 de gemiddelde groei van reële investeringen

in productieve activa in zowel België als Denemarken lager dan in Nederland.

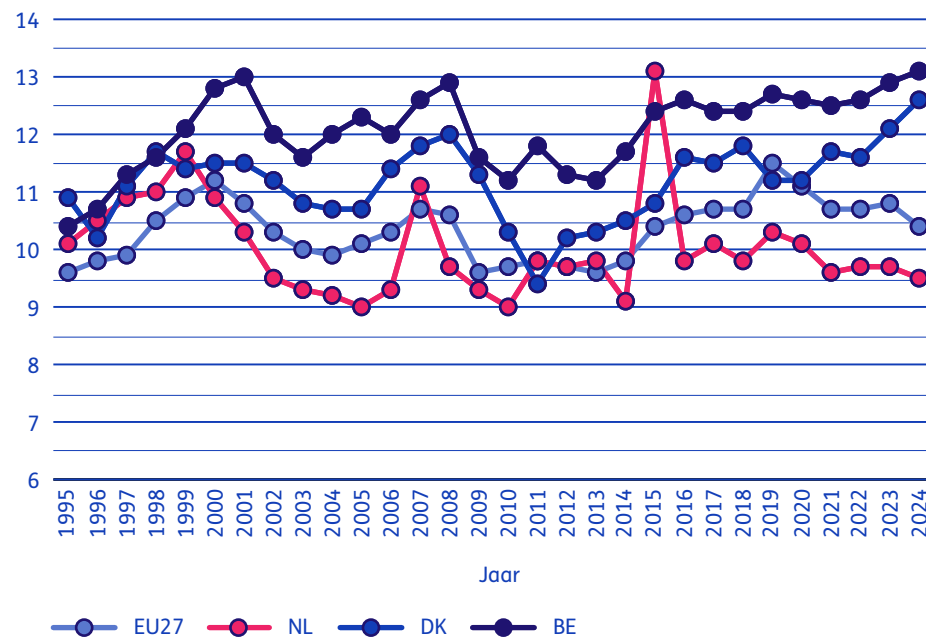


Figuur 4. Gemiddelde jaarlijkse groei productieve investeringen en bbp

* Productieve investeringen in Zwitserland (CH) zijn het gemiddelde over 2021-2023

Bron: Eurostat, bewerking TNO

'Productieve' bruto investeringen in vaste activa (% van bbp)



Figuur 5. Investeringsquote (jaarlijkse productieve investeringen in % van het bbp) in NL t.o.v. het EU-27 gemiddelde over de tijd

* In 2015 was er één internationaal bedrijf dat alle intellectuele eigendomsrechten naar Nederland haalde.
Bron: Eurostat, bewerking TNO

In de recente periode 2021-2024 ontstaat echter een opvallende divergentie die niet door het noemer-effect kan worden verklaard. Terwijl België en Denemarken na corona flink zijn doorgegaan met investeren, daalt de Nederlandse investeringsquote juist. Dit verschil wordt niet verklaard door het noemer-effect, aangezien de Nederlandse economie in die recentere jaren minder hard groeide dan die van België of Denemarken.

De analyse van de Nederlandse kapitaalinvesteringen binnen de Europese context leidt tot een genuanceerde conclusie over waar de grootste kansen liggen voor het verhogen van de productiviteitsgroei. Hoewel er zeker ruimte voor verbetering bestaat in de Nederlandse investeringsquote, en dan met name gezien de post-COVID terugval ten opzichte van vergelijkbare landen als België en Denemarken, ligt de meerjarige groei van productieve investeringen in Nederland redelijk in de buurt van het EU-27 gemiddelde, zij het met een hogere schokgevoeligheid.

Vanuit deze observatie kunnen we voorzichtig concluderen dat voor

Nederland de grootste potentie voor arbeidsproductiviteitsgroei waarschijnlijk niet primair ligt in het drastisch opschroeven van kapitaalinvesteringen. Dit neemt niet weg dat kapitaalinvesteringen belangrijk blijven, bijvoorbeeld voor het realiseren van innovaties en het oplossen van infrastructurele knelpunten zoals netcongestie. Maar ze vormen niet de motor van toekomstige productiviteitsgroei.

Daarnaast onderstreept de hogere schokgevoeligheid in de Nederlandse kapitaalinvesteringen de noodzaak voor Nederland om een standvastige, langetermijnvisie te ontwikkelen op de economische posities waarin het excellent wil worden. Deze strategische focus kan niet worden gerealiseerd door uitsluitend op kapitaalinvesteringen of R&D te focussen, maar vereist een geïntegreerde portfolio-benadering. Een samenhangend pakket van kapitaalinvesteringen (capex), R&D-uitgaven, talentontwikkeling en basale randvoorwaarden moet dezelfde richting opgaan om tot daadwerkelijke economische impact te komen. Door deze elementen in samenhang met het oog op de lange termijn te ontwikkelen

kan Nederland de volatiliteit in investeringsgedrag doorbreken en een meer consistent groeipad realiseren dat minder gevoelig is voor conjuncturele schommelingen.

R&D-investeringen en TFP-groei

Naast kapitaalinvesteringen zijn investeringen in onderzoek en ontwikkeling cruciaal voor het verhogen van de productiviteit. R&D-investeringen dragen bij aan de ontwikkeling van betere technologie, innovatie en efficiëntere productieprocessen. Deze verbeteringen vertalen zich vervolgens in groei van totale factorproductiviteit (TFP-groei), die op lange termijn een essentiële drijfveer is voor economische groei. Studies wijzen uit dat de bijdrage van TFP-groei aan productiviteit op lange termijn vele malen groter is dan die van kapitaal of arbeid (Syverson, 2011).

De meest recente CBS-cijfers wijzen uit dat Nederland in 2023 2,3% van het bbp uitgaf aan R&D. Hiermee ligt de Nederlandse R&D-intensiteit ruim onder de 3%-norm die de Europese Unie al in 2000 heeft afgesproken in het Lissabonakkoord. Ook

in vergelijking met andere Europese landen zoals België, Duitsland en Denemarken blijft Nederland achter in R&D-intensiteit (TNO Vector, 2024d; van Kempen et al., 2025b). De R&D-intensiteit van Nederland schommelt de afgelopen 10 jaar rond het EU-27 gemiddelde. Het verschil in R&D-intensiteit in Nederland ten opzichte van buurlanden zit hem vooral in lagere private uitgaven aan R&D (van Kempen et al., 2025b). Hier speelt mee dat Nederland historisch gezien minder succesvol is geweest in het uitlokken van private R&D-uitgaven met publieke financiering van R&D. Aangezien er wel degelijk een positief verband bestaat tussen publieke R&D-uitgaven ‘als aanjager’ voor extra private R&D (TNO, 2025b), is het een risico dat juist ook de publieke R&D-uitgaven naar beneden lijken te gaan als gevolg van overheidsbezuinigingen op uitgaven aan onderzoek en ontwikkeling. Dit blijkt uit de TNO-schatting van het ‘R&D-gat’ tot aan de 3% doelstelling in 2030 (TNO, 2025b).

Wat betreft de private R&D-uitgaven blijkt uit een verdiepende shift-share analyse naar Nederlandse R&D-uitgaven in internationaal vergelijkend perspectief (TNO vector, 2025c) dat Nederlandse

bedrijven binnen dezelfde sectoren systematisch minder uitgeven aan R&D dan hun buitenlandse tegenhangers. Dit wijst erop dat de R&D achterstand niet alleen wordt veroorzaakt door de samenstelling van de Nederlandse economie (sectorstructuur effect), met een relatief groot aandeel diensten en van nature minder R&D-intensieve activiteiten.

Tegelijk met de achterblijvende R&D-uitgaven is het R&D-landschap in Nederland smaller geworden. R&D-uitgaven zijn steeds meer geconcentreerd in enkele grote bedrijven, in specifieke sectoren en ketens (in het bijzonder de machine-industrie en keten rond ASML). Deze concentratie maakt de Nederlandse kenniseconomie kwetsbaar (Van Kempen et al., 2025a; TNO, 2025b, TNO Vector, 2024a). Het is zaak om de R&D-intensiteit te verhogen in een bredere bedrijfspopulatie, en daarbij het innovatiepotentieel aan te boren in een groter deel van de Nederlandse economie (TNO, 2025b).

Naast de hoogte van R&D-uitgaven is de brede verspreiding en toepassing

van innovaties, en daarmee de vertaling naar structurele opschaling van nieuwe bedrijvigheid en economische- en maatschappelijke waarde van groot belang (TNO, 2025b). Dit vereist meer dan alleen hogere R&D-uitgaven. R&D-uitgaven moeten worden ondersteund met immateriële investeringen, in kennis en vaardigheden en nieuwe manieren van werken. Oftewel, investeringen in randvoorwaarden om tot concrete economische impact te kunnen leiden. Zo is snellere adoptie en toepassing van nieuwe kennis en technologie in producten, processen en diensten door (MKB-) bedrijven cruciaal om het potentieel van innovaties die de arbeidsproductiviteit verhogen beter te benutten (TNO, 2025c). Ondanks de (potentiële) winst in arbeidsproductiviteit, landen innovaties die de arbeidsproductiviteit verhogen relatief traag in de praktijk en neemt de kloof tussen koplopers en volgers toe. Adoptie en toepassing van kennis en nieuwe technologie gaat ook niet vanzelf. Toepassing vraagt om een bepaald 'readiness niveau' van de omgeving waarin de innovaties moeten landen. Dit gaat om het hebben van de juiste capaciteiten om innovaties succesvol toe te passen en te implementeren

in werk- en productieprocessen. Zeker voor de succesvolle adoptie van digitale technologieën is het belang van investeringen in 'intangible assets' in organisaties groot, zoals data, software en human- en organisatiekapitaal (OECD, 2021).

Zowel het Actieplan-3%-R&D als de productiviteitsagenda van het ministerie van Economische Zaken (beide opgesteld in 2025) erkennen deze bredere context (Ministerie van Economische Zaken, 2025b, 2025c). Een investeringsagenda is slechts één van de negen acties die nodig zijn om de 3%-doelstelling te bereiken. Naast het verhogen van R&D-uitgaven zijn aanvullende maatregelen nodig op het gebied van talentontwikkeling, valorisatie, ecosysteemversterking en het verbeteren van het vestigings- en investeringsklimaat. Met de productiviteitsagenda wil het kabinet de groei van arbeidsproductiviteit in Nederland bevorderen, om meer te kunnen doen met minder mensen en onze welvaart te behouden. Ook deze agenda erkent dat hiertoe op verschillende terreinen stappen gezet moeten worden.

Randvoorwaarden en aanvullend beleid

Kapitaalinvesteringen en R&D-uitgaven alleen zijn niet voldoende om economische groei te realiseren. Ook de randvoorwaarden voor het Nederlandse vestigings-, ondernemings-, investerings- en vernieuwingsklimaat moeten op orde zijn. Dit betreft onder andere de randvoorwaardelijke infrastructuur voor een robuust en duurzaam energiesysteem met voldoende aansluitcapaciteit voor bedrijven, beschikbare ruimte voor bedrijvigheid inclusief stikstofruimte, adequate fysieke infrastructuur zoals wegen en havens, en digitale infrastructuur zoals datacenters en glasvezelnetwerken. Ook zijn zaken als beschikbaarheid van financieel kapitaal, arbeidsmarktkrapte, tekort aan technici, kennis en vaardigheden van de beroepsbevolking, onderwijskwaliteit, beschikbaarheid van woningen en fiscale regelingen (zoals de 30% expatregeling [of 27% vanaf 2027]) van belang (TNO, 2025b).

Naast dit soort algemene vestigingsplaatsfactoren (vestigingsklimaat en ondernemingsklimaat) die bedrijven over de streep kunnen trekken om te kiezen voor Nederland in plaats van een van de omringende landen, is het cruciaal dat Nederland de juiste randvoorwaarden, middelen en mogelijkheden biedt voor vernieuwende bedrijven om hier onder aanvaardbare risico's te investeren in R&D, de brede adoptie van innovatie en opschaling (TNO, 2025b). Als deze randvoorwaarden niet op orde zijn, vormen zij een concrete barrière voor nieuwe kapitaalinvesteringen. Bedrijven kunnen dan besluiten hun investeringen elders te realiseren.

De randvoorwaarden op orde brengen en houden in het vestigings- en ondernemingsklimaat vraagt in de kern om generiek, landelijk beleid. Programma's à la Beethoven kunnen daarbovenop mogelijk voorzien in specifieke behoeften van regio's (TNO, 2025b). Voor het aanjagen van extra R&D-investeringen behoeven vooral het investeringsklimaat en een goed vernieuwingsklimaat aandacht, zoals de beschikbaarheid van (venture)kapitaal, de middelen en mogelijkheden die start-

ups hebben om op te schalen en door te groeien, en duidelijkheid over beleid en fiscale regelingen die bedrijven nodig hebben om in ons land – met vertrouwen en beheersbare risico's – R&D-uitgaven en investeringen te doen in nieuwe richtingen en activiteiten. R&D-intensieve bedrijven hebben vooral baat bij een stevige inbedding in productieve en dynamische onderzoeks- en innovatie-ecosystemen (TNO, 2025b).

Strategische prioritering is essentieel. Nederland kan niet overal tegelijk in investeren en moet dus keuzes maken. Hierbij benadrukken we dat het niet zinvol is om te kiezen voor investeren in óf kapitaal en R&D, óf investeren in randvoorwaarden. Al deze categorieën zijn van belang en verdienen gelijktijdig aandacht. Dit vereist een helder investeringsbeleid dat prioriteit geeft aan de economie van morgen, in balans met andere aspecten van brede welvaart zoals sociale cohesie, een schone en gezonde leefomgeving, natuur- en milieukwaliteit en hoogwaardige publieke voorzieningen. Het gaat erom investeringen te richten op activiteiten en technologieën die de grootste potentie hebben om bij te

dragen aan productiviteitsgroei en die Nederland een sterke concurrentiepositie kunnen geven in een toekomstbestendige economie.

Daarnaast is aanvullend beleid nodig op het gebied van regelgeving, vergunningverlening en het aantrekken en behouden van talent. Ook de kwaliteit van onderwijs en het vermogen om werknemers bij- en om te scholen speelt een cruciale rol bij het verzilveren van investeringen in nieuwe technologieën en productieprocessen. Wat betreft de kwaliteit van onderwijs geven de PISA-scores van Nederland (internationale vergelijking van onderwijskwaliteit) aanleiding om in te zetten op het versterken van het algemeen onderwijs. In relatie tot arbeidsmarktkrapte en tekorten in specifieke (met name technische) beroepen, is het relatief lage aandeel van Science, Technology, Engineering en Mathematics (STEM) afgestudeerden nadelig voor Nederland.

In het hoofdstema van dit onderzoek worden noodzakelijke randvoorwaardelijke investeringen en aanvullende beleid uitgebreider besproken.

Conclusie:

De contextschets van onderliggende factoren voor economische groei in dit hoofdstuk leidt tot een heldere conclusie: Nederland moet anders groeien dan dat het deed. De oude manier van groeien, waarbij uitbreiding van het arbeidsaanbod een belangrijke rol speelde (Erken, 2024; TNO Vector, 2025a; Denkwijk, 2025), werkt niet meer door vergrijzing en ontgroening. Nederland moet meer doen met minder mensen, door het realiseren van een hogere arbeidsproductiviteitsgroei. Hiervoor is het van belang om het aandeel van economische activiteiten met een hogere R&D-intensiteit en (daarmee) het potentieel voor productiviteitsontwikkeling te vergroten.

Deze transitie naar een nieuwe, productievere economie vraagt om substantiële investeringen. Ten eerste zijn kapitaalinvesteringen nodig: nieuwe fabrieken, moderne machines en adequate infrastructuur om productie mogelijk te maken en op te schalen. Ten tweede zijn R&D-uitgaven essentieel: omwille van nieuwe kennis, technologie en innovatie die zorgen voor hogere

totale factorproductiviteit. Ten derde zijn investeringen benodigd in een hogere kwaliteit van arbeid, met een beroepsbevolking die de kennis en vaardigheden bezit die aansluiten op de veranderende behoefte, en bedrijven in staat stellen om werkprocessen slimmer en efficiënter te organiseren. Deze investeringscategorieën versterken elkaar en zijn complementair. R&D levert de innovaties en kennis op, terwijl kapitaalinvesteringen en immateriële investeringen nodig zijn om deze innovaties om te zetten in concrete economische activiteit en nieuwe processen en werkwijzen.

Zonder deze investeringen lukt de beweging naar een nieuwe, productievere economie niet. De benodigde economische groei om extra structurele overheidsuitgaven en transitie-investeringen te kunnen financieren, komt dan niet tot stand. Dit maakt een gerichte investeringsagenda voor Nederland niet slechts wenselijk, maar noodzakelijk.

Hoofdstema 2: Van kennis naar groei: de structurele relatie tussen R&D en productiviteit in Nederland

Doel en theoretisch kader

Het doel van de analyse van hoofdstema 2 is om te bepalen hoe binnenlandse R&D-investeringen bijdragen aan de groei van de Nederlandse economie, via hun effect op de totale factorproductiviteit (TFP). TFP meet hoe efficiënt arbeid en kapitaal samen worden ingezet in het productieproces. Een stijgende TFP betekent dat dezelfde hoeveelheid mensen en machines meer kan produceren – met andere woorden: de economie wordt slimmer, niet alleen groter. TFP vormt daarmee de kern van structurele, op kennis gebaseerde groei.

In de praktijk wordt TFP niet rechtstreeks waargenomen, maar afgeleid als de restterm in de economische groeiformule: het deel van de bbp-groei dat niet verklaard kan worden door groei van arbeid of kapitaal. Deze rest weerspiegelt technologische vooruitgang, innovatie, betere organisatie en andere efficiëntiewinsten. Door de relatie tussen R&D en TFP te schatten, kunnen wij dus kwantificeren hoe kennisinvesteringen zich vertalen in hogere productiviteit en uiteindelijk in economische groei op de langere termijn.

R&D beïnvloedt de productiviteit via drie onderling verbonden kanalen: eigen kenniscreatie, kennisabsorptie en inhaalgroei (*catch-up*).

1. Kenniscreatie (de endogene groeimotor)

De belangrijkste bron van productiviteitsgroei ligt in de ontwikkeling van nieuwe kennis, technologieën en processen door binnenlandse R&D. Dit mechanisme vormt de kern van de endogene groeitheorie (Romer, 1990; Jones, 1995; Aghion & Howitt, 1998), waarin kennis wordt gezien als een niet-rivaliserend goed: elke nieuwe ontdekking vergroot de totale kennispool waarop toekomstige innovaties kunnen voortbouwen. Hoe meer een land investeert in R&D, hoe sterker deze zelfversterkende kennispiraal wordt die structurele, op innovatie gebaseerde groei aandrijft.

2. Kennisabsorptie (het benutten van bestaande kennis)

Naast eigen innovatie vergroot binnenlandse R&D de *absorptiecapaciteit* van de economie: het vermogen om kennis die elders bestaat te begrijpen, aan te passen en te combineren met eigen inzichten.

Een sterke kennisbasis maakt het mogelijk om buitenlandse technologie effectief te benutten via handel, investeringen en internationale samenwerking. Deze lijn sluit aan bij de modellen van Coe & Helpman (1995) en Cohen & Levinthal (1989), die aantonen dat landen met een hogere R&D-intensiteit beter in staat zijn buitenlandse kennis te vertalen naar productiviteit.

3. Catch-up (inhaalgroei door afstand tot de frontiers)

De opbrengst van R&D verschilt tussen landen, afhankelijk van hun technologische afstand tot de wereldtop. Landen die verder achterlopen, kunnen sneller groeien doordat zij bestaande kennis kunnen overnemen, imiteren of aanpassen – een proces dat bekendstaat als *catch-up* (Verspagen, 1991, 1993; Benhabib & Spiegel, 2005; Acemoglu, Aghion & Zilibotti, 2006; Griffith, Redding & Van Reenen, 2004). Deze literatuur benadrukt dat R&D tweeledige effecten heeft: het stimuleert eigen innovatie én bepaalt hoe snel een land technologie van de frontiers kan absorberen. Hoe groter de afstand tot de frontiers, hoe groter het groeipotentieel via imitatie en kennisdiffusie.

Samen vormen kenniscreatie, absorptie en catch-up het theoretische fundament van de economische groeitheorie. Productiviteit is in dit perspectief geen toevallig neveneffect van innovatie, maar het resultaat van structurele kennisopbouw en technologische diffusie – de voortdurende verspreiding van kennis binnen én tussen landen.

Voor landen die al dicht bij de frontiers opereren, zoals Nederland, ligt de nadruk minder op inhaalgroei en meer op het versterken van de eerste twee kanalen: eigen kenniscreatie en kennisabsorptie. De ruimte om te groeien door simpelweg te kopiëren is beperkt; duurzame groei hangt vooral af van het vermogen om nieuwe kennis te ontwikkelen én buitenlandse kennis effectief te benutten.

Binnenlandse R&D speelt hierin een dubbele rol: het creëert eigen innovatiekracht en vergroot tegelijkertijd de capaciteit om kennis en technologie uit het buitenland te absorberen. Die absorptiecapaciteit bepaalt in hoge mate hoe goed Nederland internationale kennisstromen kan vertalen naar productiviteits- en uiteindelijk naar economische groei.

Buitenlandse R&D vormt in dit proces een belangrijke bron van technologische vooruitgang. Nieuwe kennis die in andere landen wordt ontwikkeld, bereikt Nederland via handel, import van technologie-intensieve goederen en internationale samenwerking tussen bedrijven en onderzoeksinstellingen. De mate waarin buitenlandse R&D zich vertaalt in binnenlandse productiviteit hangt daarom sterk af van de openheid van de economie en de kwaliteit van de binnenlandse kennisinfrastructuur. Wanneer bedrijven beschikken over voldoende onderzoeksvormen, menselijk kapitaal en innovatiegericht beleid, kunnen zij buitenlandse kennis niet alleen importeren, maar ook effectief toepassen en combineren met eigen ontwikkelde kennis.

In dat samenspel tussen binnenlandse innovatie, absorptie en internationale kennisdiffusie ligt de kern van duurzame productiviteitsgroei voor een open kennis-economie als Nederland.

Methode en schattingsaanpak

De drie theoretische kanalen – kenniscreatie, kennisabsorptie en inhaalgroei – worden in het empirische model vertaald naar drie bijbehorende variabelen: binnenlandse R&D, buitenlandse R&D-diffusie en de afstand tot de technologische frontier. Samen beschrijven zij hoe kennisaccumulatie, internationale kennisstromen en technologische convergentie bijdragen aan de ontwikkeling van TFP.

De relatie tussen R&D en productiviteit manifesteert zich vooral op de lange termijn. Dat blijkt uit de literatuur over endogene en semi-endogene groei, waarin kennisopbouw, diffusie en technologische adoptie tijd vergen voordat ze meetbaar worden in TFP (Romer, 1990; Coe & Helpman, 1995; Verspagen, 1993; Griffith, Redding & Van Reenen, 2004; Soete, Verspagen & Ziesemer, 2020).

De korte termijn speelt eveneens een rol, maar is empirisch minder eenduidig. R&D kan tijdelijk leiden tot een productiviteitsdip door herallocatie, leereffecten en aanpassingskosten (Hall,

Mairesse & Mohnen, 2010). Daarom wordt in de empirische praktijk vaak gewerkt met een tweedeling: een structurele lange-termijnvergelijking voor het evenwichtsniveau en een Error Correction Model (ECM) dat de jaarlijkse aanpassing beschrijft (Engelbrecht, 1997; Griffith et al., 2004; Cameron, Proudman & Redding, 2005).

Deze studie volgt die benadering. We onderzoeken zowel de lange-termijnrelatie tussen productiviteit en kennisopbouw als de korte-termijndynamiek daaromheen. De langetermijnvergelijking beschrijft het structurele verband tussen TFP, binnenlandse R&D, buitenlandse kennisdiffusie en de afstand tot de frontier – het niveau waar de economie op de langere termijn naartoe beweegt. De kortetermijnanalyse laat zien hoe schommelingen in investeringen, beleid of externe omstandigheden zich vertalen in tijdelijke bewegingen rond dat structurele pad.

Door beide samen te schatten, kunnen we niet alleen bepalen hoe groot het structurele effect van R&D op productiviteit is, maar ook hoe en in welk tempo de economie van jaar tot jaar richting dat evenwicht beweegt. De methode brengt

dus de hele dynamiek in beeld: van de eerste, vaak beperkte kortetermijneffecten van kennisinvesteringen tot de vertraagde, structurele productiviteitsgroei die zich op langere termijn manifesteert.

We erkennen beperkingen van dit type tijdreeksmodellen: kleine steekproeven, seriële correlatie en overlappende variabelen leiden vaak tot ambigue uitkomsten. Onze aanpak is daarom nuchter en transparant: een parsimonieuze schatting in lijn met de literatuur, waarin keuzes en beperkingen expliciet zijn gemaakt en resultaten met de nodige bescheidenheid worden geïnterpreteerd.

We hebben verschillende stappen genomen om bekende econometrische problemen zo goed mogelijk te beperken:

Geïntegreerde tijdreeksen en seriële correlatie: TFP en R&D zijn beide I(1)-reeksen die onderling op elkaar reageren. Daarom is gekozen voor Dynamic OLS (DOLS) met leads en lags van eerste verschillen, waardoor schattingen consistent blijven ondanks wederzijdse beïnvloeding.

Multicollineariteit: R&D, GAP/SGAP en hun interactie bewegen deels samen, wat tot instabiele coëfficiënten kan leiden. Dit is opgelost door de interactieterm te orthogonaliseren ten opzichte van RD, SGAP en de trend. Zo blijft enkel het residuele deel over dat echt de variatie in absorptie en catch-up verklaart. Deze keuze vermindert overlap en maakt de interpretatie van de coëfficiënten zuiverder, al is het geen perfecte oplossing.

Endogeniteit: Met DOLS en aanvullende tests (waaronder instrumentele schattingen met interne Lewbel-instrumenten) hebben we simultaneïteit en feedback tussen TFP en R&D beperkt. Toch kan niet worden uitgesloten dat latente factoren, zoals institutionele kwaliteit of mondiale schokken, deels doorwerken.

Parsimonie boven compleetheid: In het ECM is bewust gekozen voor een beperkt aantal kortetermijnvariabelen, om overfitting, multicollineariteit en reverse causality te vermijden. Daarmee is het model soberder dan in sommige internationale studies, maar econometrisch stabiel en beter te interpreteren.

Resultaten zijn indicatief, niet definitief: Stabiliteitstesten en out-of-sample analyses bevestigen de richting en orde van grootte van de effecten, maar alternatieve specificaties (andere lags, filters of definities van stocks) kunnen afwijkende waarden opleveren.

De methode combineert daarmee theoretische consistentie met pragmatische eenvoud: voldoende rijk om de structurele R&D-dynamiek te vangen, maar bewust terughoudend om de robuustheid te waarborgen.

Samenvattend: het model is geen eindpunt, maar een zorgvuldig geconstrueerde benadering binnen de grenzen van wat met macro-tijdreeksen empirisch haalbaar is. De resultaten moeten met de nodige bescheidenheid worden geïnterpreteerd: ze geven richting en consistentie, geen absolute waarheden.

De analyse bestrijkt de periode 1963–2019 (57 jaar). Deze lengte biedt voldoende observaties voor een betrouwbare tijdreeksanalyse met DOLS- en ECM-methoden. De reeks eindigt in 2019 om twee redenen. Ten eerste is de meest

recente data (na 2022) nog onvolledig en herzienbaar. Ten tweede zouden de coronajaren 2020–2021 een uitzonderlijke verstoring introduceren in productie, handel en R&D-uitgaven. Om te voorkomen dat deze tijdelijke uitschieter de structurele relaties tussen R&D en productiviteit vertroebelt, is bewust gekozen om de analyse te laten eindigen vóór de pandemie.

Lange-termijnrelatie

De lange termijn wordt geschat met de Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS)-methode. Alle variabelen worden vooraf in natuurlijke logaritmen getransformeerd, zodat de geschatte coëfficiënten direct als elasticiteiten kunnen worden geïnterpreteerd. Deze techniek corrigeert voor dynamische endogeniteit en seriële correlatie in geïntegreerde (I(1)) tijdreeksen door lags en leads van de eerste verschillen van de verklarende variabelen op te nemen. Hierdoor worden de parameters consistent geschat, zelfs wanneer schokken in TFP en R&D elkaar wederzijds beïnvloeden. In kleine steekproeven is DOLS bovendien efficiënter dan FM-OLS, wat relevant is bij jaarlijkse data voor één land.

Er wordt verondersteld dat TFP op lange termijn wordt bepaald door de binnenlandse R&D-stock, buitenlandse kennisdiffusie en de afstand tot de frontiers. Binnen deze benadering wordt onderscheid gemaakt tussen een basismodel en een uitgebreide specificatie (extensie):

De basisregressie beschrijft de structurele samenhang tussen totale factorproductiviteit (TFP), de binnenlandse R&D-stock (RD), buitenlandse kennisdiffusie (F_RD) en een euro-dummy (EUR) die lidmaatschap van de monetaire unie corrigeert voor structurele schokverschillen:

$$TFP_t = \beta^0 + \beta_1 RD_t + \beta_2 F_RD_t + \beta_3 EUR_t + u_{basis,t}$$

In de extensie wordt de afstand tot de technologische frontiers toegevoegd, evenals een interactieterm tussen R&D en die afstand. Daarmee wordt getoetst of het effect van R&D op productiviteit afhangt van de relatieve kennispositie van een land — een kernidee uit de literatuur over absorptiecapaciteit (Griffith, Redding & Van Reenen, 2004). De specificatie is als volgt:

$$TFP_t = \beta^0 + \beta_1 RD_t + \beta_2 F_RD_t + \beta_3 SGAP_t + \beta_4 (RD_t * SGAP_t) + \beta_5 EUR_t + u_{extensie,t}$$

waarbij:

TFP_t de totale factorproductiviteit in jaar t weergeeft;

RD_t de binnenlandse R&D-stock representeert (publiek en privaat samen³);

F_RD_t de totale buitenlandse R&D-stock representeert, gewogen door handel;

$SGAP_t$ de relatieve afstand tot de technologische frontiers.

EUR_t een structurele breukvariabele is (bijvoorbeeld de invoering van de euro);

u_t de residuele afwijking van het evenwicht voorstelt.

De interactieterm $RD_t * SGAP_t$ weerspiegelt dat de opbrengst van binnenlandse R&D afhangt van de technologische afstand tot de frontiers. Het verwachte teken van de interactiecoëfficiënt is positief: een grotere afstand impliceert meer ruimte voor kennis-inhaal en dus een hogere structurele opbrengst van R&D. Binnenlandse R&D fungeert in dat geval niet alleen als bron van nieuwe kennis, maar ook als mechanisme om frontierskennis te absorberen en te vertalen naar productiviteitsgroei — een proces dat empirisch is bevestigd door

Verspagen (1993), Griffith, Redding & Van Reenen (2004).

Om multicollineariteit tussen RD , $SGAP$ en de interactieterm te voorkomen, is de term $(RD_t * SGAP_t)$ in de extensie georthogonaliseerd ten opzichte van zowel RD , $SGAP$ als de trend. Hierdoor blijft uitsluitend het residuele deel over dat de additionele variantie in het R&D-effect verklaart die specifiek samenhangt met de afstand tot de frontiers — los van de gemeenschappelijke trends in binnenlandse R&D en technologische afstand. Deze correctie maakt de schattingsresultaten econometrisch stabiel en zorgt ervoor dat de afzonderlijke coëfficiënten zuiver kunnen worden geïnterpreteerd als structureel (effect van kennisopbouw) respectievelijk absorptie-gerelateerd (effect van catch-up).

Hoewel de DOLS-methode corrigeert voor simultane terugkoppeling en seriële correlatie tussen geïntegreerde variabelen, kunnen bepaalde vormen van endogeniteit theoretisch blijven bestaan. Het gaat dan vooral om meetfouten in de R&D- of

GAP-variabelen, weggelaten structurele determinanten van TFP (zoals institutionele kwaliteit of sectorale samenstelling) en mondiale schokken die zowel binnenlandse als buitenlandse R&D beïnvloeden. In de praktijk is de invloed hiervan echter beperkt. De belangrijkste reden is dat de schattingsvergelijking uitsluitend tijdreeksen voor één land gebruikt, waardoor simultaneïteit via cross-country afhankelijkheid grotendeels afwezig is. Bovendien worden structurele breuken en mondiale shocks deels afgevangen door de EUR -dummy en de opname van trend- en crisisvariabelen. De overblijvende bronnen van endogeniteit zullen dus eerder de variantie van de schattingen vergroten dan systematisch tot bias leiden.

De DOLS-schatting levert zo structurele elasticiteiten van TFP ten opzichte van binnenlandse en buitenlandse R&D, evenals de interactie tussen R&D en afstand tot de frontiers. De residuen (u_t) vertegenwoordigen de tijdelijke afwijking van dit evenwicht en vormen de basis voor de foutcorrectieterm in het ECM.

Korte-termijndynamiek (ECM)

De korte-termijnrelatie tussen TFP-groei en R&D wordt gemodelleerd met een Error Correction Model (ECM). Dit model beschrijft hoe veranderingen in R&D, menselijk kapitaal en conjuncturele factoren op korte termijn bijdragen aan TFP-groei, en hoe de economie terugkeert naar haar langetermijnevenwicht via de foutcorrectieterm.

Net als in de langetermijnanalyse wordt onderscheid gemaakt tussen een basismodel en een uitgebreide specificatie (extensie):

Het basismodel beschrijft hoe veranderingen in binnenlandse en buitenlandse R&D, menselijk kapitaal en conjuncturele bewegingen bijdragen aan de jaarlijkse groei van TFP, aangevuld met een crisisdummy:

$$\Delta TFP_t = \gamma_0 + \gamma_1 \Delta RD_t + \gamma_2 \Delta F_RD_t + \gamma_3 \Delta HC_t + \gamma_4 \Delta GDP_CYCLE_t + \gamma_5 CRISIS_t + \varphi u_{basis,t-1} + \varepsilon_t$$

³ In de empirische schatting wordt gebruikgemaakt van de totale R&D-stock (RD_t), bestaande uit publieke en private R&D tezamen. Een afzonderlijke opname van publieke en private R&D is vermeden vanwege hun zeer hoge onderlinge correlatie in Nederland (Pearson-coëfficiënt = 0,98). Deze sterke multicollineariteit leidt tot instabiele schattingen en overschatting van de partiële elasticiteiten. Door de som te gebruiken wordt het gezamenlijke kennisaccumulatie-effect zuiverder geïdentificeerd.

De extensie voegt de verandering in de afstand tot de frontiers en de interactieterm tussen R&D en afstand toe. Hiermee wordt onderzocht of de snelheid waarmee kennis inwerkt op productiviteit afhankelijk is van de relatieve positie tot de frontiers:

$$\Delta TFP_t = \gamma_0 + \gamma_1 \Delta RD_t + \gamma_2 \Delta F_{-RD_t} + \gamma_3 \Delta SGAP_t + \gamma_4 \Delta (RD_t * SGAP_t) + \gamma_5 \Delta HC_t + \gamma_6 \Delta GDP_CYCLE_t + \gamma_7 \Delta CRISIS_t + \gamma_8 \Delta IMPORT_t + \varphi u_{extensie,t-1} + \varepsilon_t$$

waarbij Δ de jaarlijkse verandering aanduidt. Naast de eerder genoemde variabelen uit de langetermijnvergelijking zijn in de kortetermijnanalyse nog drie aanvullende factoren van belang:

HC de verandering in menselijk kapitaal weergeeft (absorptiecapaciteit),
GDP_CYCLE de conjuncturele stand van de economie benadert,
CRISIS uitzonderlijke schokjaren zoals 2008–2009 markeert, en
IMPORT is het gemiddelde van de importquote (M/Y) over de drie voorgaande jaren weergeeft, om incidentele pieken of dalen in de handelsintensiteit af te vlakken.

Voor elk model (basis en extensie) wordt de bijbehorende, afzonderlijk geschatte

ECT gebruikt, zodat de correctieterm volledig consistent is met de betreffende DOLS-specificatie.

Het effect van R&D op TFP-groei is op korte termijn niet eenduidig. Naast het positieve groeipotentieel kan extra R&D-uitgaven ook tijdelijk leiden tot een productiviteitsdip. Dit komt doordat de baten van R&D doorgaans pas na verloop van tijd zichtbaar worden, terwijl de kosten en aanpassingsprocessen zich direct manifesteren. Nieuwe onderzoeksprojecten vragen bijvoorbeeld om kapitaalherallocatie, opleidingsinvesteringen en organisatorische aanpassingen die de efficiëntie op korte termijn kunnen verlagen (zie Hall, Mairesse & Mohnen, 2010). Bovendien kan een deel van de R&D-impuls in eerste instantie worden geabsorbeerd in *learning-by-doing*-effecten binnen het onderzoeksproces zelf, zonder dat dit onmiddellijk tot productiviteitswinsten leidt.

Empirisch wordt dit vaak zichtbaar als een zwakke of zelfs negatieve kortetermijnelasticiteit van R&D in ECM- of VECM-schattingen (Griffith et al., 2004; Soete, Verspagen & Ziesemer, 2020). Pas na enkele jaren, wanneer kennis

diffundeert en innovaties worden geïmplementeerd in productieprocessen, komt het structurele productiviteitseffect naar voren via de foutcorrectieterm. De negatieve of vertragende kortetermijnpact is daarmee geen inefficiëntie, maar een natuurlijk kenmerk van het aanpassingsproces in kennisgedreven groei.

De opname van $\Delta SGAP_t$ en $\Delta (RD_t * SGAP_t)$ maakt het mogelijk om te analyseren of de kortetermijneffecten van R&D afhangen van veranderingen in de technologische afstand tot de frontiers — een directe operationalisering van het catching-up-mechanisme.

Het verwachte teken van de interactiecoëfficiënt γ_4 is ambigue. Enerzijds kan het effect negatief zijn wanneer Nederland verder van de frontiers afstaat: in die fase zijn R&D-impulsen minder direct productief, omdat kennisabsorptie tijd en aanpassing vergt voordat deze zichtbaar wordt in productiviteit. De opbrengsten van extra R&D komen dan pas later tot uiting via het foutcorrectiemechanisme. Anderzijds kan het effect positief zijn wanneer veranderingen in de afstand juist extra

ruimte bieden voor snelle inhaalgroei. In dat geval versterkt R&D niet alleen eigen innovatie, maar ook de adoptie van frontiertechnologieën. Deze tweezijdige dynamiek sluit aan bij de bevindingen van Cameron, Proudman & Redding (2005) en Benhabib & Spiegel (2005), die aantonen dat de productieve impact van R&D afhangt van de fase van technologische ontwikkeling waarin een land zich bevindt.

De foutcorrectieterm u_{t-1} geeft aan **hoe ver de feitelijke productiviteit (TFP)** in het voorgaande jaar afweek van het langetermijnevenwicht dat het model beschrijft. De bijbehorende parameter ϕ (verwacht negatief) geeft inzicht in de snelheid waarmee de TFP terugkeert naar dit evenwicht. Een significante negatieve waarde wijst op een stabiel aanpassingsproces: wanneer de TFP tijdelijk boven of onder zijn structurele niveau uitkomt, corrigeert het systeem zichzelf geleidelijk. In de praktijk ligt ϕ doorgaans tussen $-0,1$ en $-0,3$ voor OESO-landen, wat impliceert dat jaarlijks ongeveer 10–30% van een tijdelijke afwijking wordt gecorrigeerd.

Samenvattende interpretatie

De combinatie van DOLS en ECM biedt een geïntegreerde kijk op structurele groei en dynamische aanpassing.

De DOLS-schatting identificeert de structurele elasticiteit van TFP ten opzichte van binnenlandse en buitenlandse R&D en de technologische afstand tot de frontiers. De interactieterm ($RD_t * SGAP_t$) weerspiegelt hoe het structurele rendement van R&D afhangt van de mate van technologische achterstand: landen die verder van de frontiers afstaan, hebben doorgaans meer groei ruimte en profiteren sterker van kennisdiffusie.

De ECM-schatting beschrijft vervolgens de snelheid en richting van de aanpassing wanneer de economie tijdelijk uit evenwicht is, en hoe kortetermijnschokken in R&D, GAP en hun interactie zich vertalen in productiviteitsgroei.

Het gecombineerde model erkent dat de invloed van R&D fase-afhankelijk is. Op grotere afstand tot de frontiers is het langetermijneffect van R&D positief — er is meer potentieel voor catch-up en kennis-absorptie — maar het kortetermijneffect

kan tijdelijk negatief uitvallen door aanpassingskosten, organisatorische frictie en leerprocessen. Zo wordt technologische vooruitgang niet gezien als een lineair proces, maar als het resultaat van graduele diffusie en accumulatie van kennis, waarbij binnenlandse R&D fungeert als mechanisme om buitenlandse innovaties te absorberen. Deze benadering sluit nauw aan bij empirische bevindingen voor kenniseconomieën als Nederland, waar structurele productiviteitsgroei vooral voortkomt uit de wisselwerking tussen R&D-investeringen, internationale spillovers en aanpassingssnelheid.

Resultaten regressieanalyse

In dit hoofdstuk presenteren we de resultaten van de regressieanalyse. We kijken daarbij zowel naar de langetermijnrelatie tussen R&D en productiviteit als naar de kortetermijndynamiek rond dat evenwicht. De langetermijnelasticiteit wordt geschat met een DOLS-model (Tabel 2), waarin we een basisspecificatie onderscheiden en een uitgebreide variant met frontieraafstand en interactieterm. Vervolgens analyseren we met een Error Correction Model (ECM) hoe

schokken in binnenlandse en buitenlandse R&D, menselijk kapitaal en conjunctuur zich op korte termijn vertalen in TFP-groei (Tabel 3) en hoe snel de economie terugkeert naar haar structurele groeipad. De tabellen rapporteren coëfficiënten en t-waarden; in de tekst ligt de nadruk op de orde van grootte en de economische duiding van de belangrijkste parameters. Voor de lange termijn gaat het vooral om de R&D-elasticiteit en de rol van de frontieraafstand; voor de korte termijn staat de foutcorrectieterm (ECT) centraal, die de snelheid van aanpassing meet. De impuls-responsfuncties (Figuur 6 en 7) illustreren ten slotte hoe een eenmalige R&D-schok zich in de tijd doorvertaalt naar TFP.

Ter toetsing van de robuustheid plaatsen we onze schattingen in de context van de bestaande empirische literatuur over R&D en productiviteit. In Appendix D vergelijken we de gevonden R&D-elasticiteiten en ECM-coëfficiënten met een reeks internationale studies voor OESO-landen. Daaruit blijkt dat onze resultaten qua grootteorde goed binnen de internationale bandbreedte vallen en eerder aan de conservatieve kant zitten (zie Appendix D voor een overzicht).

Lange termijn

De DOLS-schatting van de langetermijnvergelijking bevestigt een robuuste en positief significante relatie tussen binnenlandse R&D-uitgaven en de totale factorproductiviteit (TFP). De resultaten staan in Tabel 2.

Tabel 2. Lange-termijnschatting (DOLS)

Variabele	Basis	Extensie
Intercept	2.073*** (6.26)	2.164*** (7.81)
RD	0.221*** (7.38)	0.212*** (8.56)
F_RD	0.082 (1.04)	-0,143 (-1.294)
SGAP		-0.045*** (-2.02)
RD × SGAP		0.082*** (2.06)
EUR	0.053*** (2.62)	0.068*** (3.66)
Aantal observaties (n)	56	56

Waardes tussen haakjes zijn t-waardes. * is significant op 10%-niveau, ** op 5%-niveau en *** op 1%-niveau.

De basisschatting bevestigt dat binnenlandse R&D de belangrijkste structurele bron van productiviteitsgroei vormt. De R&D-coëfficiënt van 0,22 is hoog en significant, wat betekent dat een stijging van de binnenlandse R&D-stock met 1 procent op lange termijn leidt tot een toename van TFP met circa 0,21 – 0,22 procent.

De niet-significante coëfficiënt van import gewogen buitenlandse R&D (F_{RD}) suggereert dat internationale kennisstromen geen direct, autonoom effect hebben op de Nederlandse productiviteit. Dit sluit aan bij eerdere bevindingen dat buitenlandse kennis vooral via de binnenlandse absorptiecapaciteit doorwerkt. De positieve en significante EUR-dummy wijst op een structurele stijging van de productiviteit rond de invoering van de euro, waarschijnlijk als gevolg van marktintegratie, schaalvoordelen en toegenomen concurrentiedruk.

Deze basisvergelijking vormt daarmee een zuivere schatting van het structurele effect van binnenlandse kennisopbouw op productiviteit, los van tijdelijke

conjunctuurinvloeden of internationale spillovers.

In de uitgebreide variant wordt het model verrijkt met de cumulatieve afstand tot de technologische frontiers (SGAP) en de interactie tussen R&D en deze afstand. Daarbij is de interactieterm ten opzichte van RD en de trend, zodat de term alleen het deel van de R&D-variatie weerspiegelt dat specifiek samenhangt met afwijkingen in de frontieraafstand — de catch-up-component.

De resultaten laten zien dat deze uitbreiding de uitkomsten van het basismodel zeer gelijk zijn. De R&D-elasticiteit zakt zeer licht van 0,22 naar 0,21. Dit wijst op een hoge mate van robuustheid van de langetermijnrelatie en het ontbreken van omitted-variable bias.

De negatieve coëfficiënt van SGAP bevestigt dat een grotere afstand tot de frontiers op zichzelf gepaard gaat met een lager productiviteitsniveau. Tegelijkertijd wijst de positieve orthogonale interactieterm (0,08) erop dat R&D-inspanningen onder zulke omstandigheden juist méér opleveren: de absorptie van

frontierkennis is productiever wanneer er sprake is van een matige technologische achterstand. Belangrijk is dat deze 0,08-coëfficiënt geen additief effect vertegenwoordigt. Doordat de interactie is georthogonaliseerd, telt zij niet op bij de hoofdtrend, maar verklaart zij de variatie in het R&D-rendement rond het structurele gemiddelde. De R&D-coëfficiënt van 0,21 weerspiegelt dus het structurele gemiddelde effect van kennisopbouw op productiviteit, terwijl de orthogonale interactie laat zien onder welke omstandigheden dat effect sterker of zwakker wordt. Deze uitkomst sluit nauw aan bij de internationale literatuur over kennisabsorptie en technologische afstand. Griffith, Redding en Van Reenen (2004) toonden aan dat landen met een matige technologische achterstand de hoogste rendementen behalen uit eigen R&D, omdat binnenlandse kennisinvesteringen dan vooral dienen om buitenlandse kennis te absorberen en te imiteren. Ook Coe et al. (1997, 1999) en Soete & Ziesemer (2013) vinden dat de productiviteit van R&D hoger is wanneer binnenlandse investeringen gepaard gaan met een zekere afstand tot de technologische frontiers.

De negatieve, niet-significante waarde van F_{RD} blijft consistent met de hypothese dat buitenlandse R&D enkel indirect doorwerkt via binnenlandse absorptie. Ook de positieve EUR-coëfficiënt blijft stabiel en significant.

De consistentie tussen beide specificaties laat zien dat het structurele rendement van R&D niet afhangt van de exacte modeluitbreiding: het blijft een fundamentele motor van productiviteitsgroei. De orthogonale interactieterm nuanceert dit beeld door te laten zien dat Nederland in perioden met een grotere afstand tot de frontiers tijdelijk hogere opbrengsten kan behalen uit kennisinvesteringen — mits de absorptiecapaciteit voldoende sterk is.

Samenvattend levert de lange-termijnanalyse drie robuuste inzichten op: **Structureel R&D-effect:** een toename van de binnenlandse R&D-stock met 1 % verhoogt de TFP structureel met circa 0,21 – 0,22 %.

Catch-up-mechanisme: het R&D-rendement varieert licht met de frontieraafstand (coëfficiënt 0,08), wat duidt op hogere productiviteit van kennisabsorptie bij een gematigde technologische achterstand.

Beleidsimplicatie: stabiele, langdurige R&D-investeringen zijn essentieel om frontierkennis effectief te benutten en de huidige achterstand te vertalen in een nieuwe fase van inhaalgroei. Deze bevindingen sluiten aan bij eerdere empirische studies voor Nederland (Soete, Verspagen & Ziesemer, 2020) en tonen dat R&D niet enkel innovatie voortbrengt, maar ook de capaciteit vergroot om internationale kennisstromen te absorberen — de kern van duurzame productiviteitsgroei in een open economie.

Korte termijn

De Error Correction Model (ECM)-analyse beschrijft hoe veranderingen in binnenlandse en buitenlandse R&D, menselijk kapitaal en conjuncturele factoren op korte termijn bijdragen aan productiviteitsgroei. De foutcorrectieterm (ECT) koppelt deze dynamiek terug naar het langetermijnevenwicht dat in de DOLS-analyse is geschat.

De vergelijking tussen het basismodel en de uitgebreide specificatie laat zien dat de kortetermijndynamiek van de TFP stabiel en consistent is. De uitbreiding met de frontieraafstand ($\Delta SGAP$), de orthogonale interactieterm en de gemiddelde importquote ($\Delta IMPORT$) verandert de schattingsuitkomsten slechts marginaal. Dit suggereert dat het basismodel de kortetermijnprocessen goed beschrijft voor de factoren die hier getest zijn.

De directe invloed van binnenlandse R&D-groei (ΔRD) op de TFP blijft klein en niet significant. In de basisschatting is het teken licht negatief, terwijl het in de uitgebreide variant omslaat naar licht positief (0,05), maar zonder statistische betekenis. Dit bevestigt dat nieuwe R&D-investeringen zich niet onmiddellijk vertalen in hogere productiviteit. In lijn met Hall, Mairesse en Mohnen (2010) weerspiegelt dit de transitiefase van kennisinvestering, waarin middelen tijdelijk worden herverdeeld en implementatiekosten optreden voordat de productiviteitswinsten zichtbaar worden.

Tabel 3. Korte-termijnschatting (ECM)

Variabele	Basis	Extensie
Intercept	-0.019*** (-2.19)	-0.021* (-1.76)
ΔRD	-0.013 (-0.30)	0.051 (0.05)
ΔF_RD	0.091*** (3.44)	0.080*** (3.03)
$\Delta SGAP$		-0.001 (0.18)
$\Delta(RD*SGAP)$		0.034 (0.46)
ΔHC	2.170 (1.30)	2.500 (1.28)
GDP_CYCLE	0.341*** (3.83)	0.345*** (3.741)
CRISIS	-0,004 (-0.61)	-0.007 (-0.86)
$\Delta IMPORT$		0.039 (0.29)
ECT (u_{t-1})	-0.119** (-2.74)	-0.111* (-1.74)
Aantal observaties (n)	56	56
R ²	0.570	0.579

Waardes tussen haakjes zijn t-waardes. * is significant op 10%-niveau, ** op 5%-niveau en *** op 1%-niveau

De groei van buitenlandse R&D-stocks (ΔF_{RD}) heeft daarentegen een robuust positief en significant effect op binnenlandse productiviteitsgroei (ongeveer 0,08–0,09). Dit bevestigt dat internationale kennisdiffusie op korte termijn de belangrijkste bron van productiviteitsdynamiek vormt. Voor een kleine, open economie als Nederland – met een hoge importintensiteit en sterke verwevenheid met de OESO-frontier – is dat een plausibel patroon.

De variabele $\Delta IMPORT$, gedefinieerd als het gemiddelde van de importquote over de drie voorafgaande jaren om pieken en dalen te dempen, vertoont wel het verwachte positieve teken maar geen significant effect. Dit suggereert dat schommelingen in handelsintensiteit op jaarbasis slechts beperkt bijdragen aan de productiviteitsgroei, hoewel het structurele belang van openheid voor kennisdiffusie evident blijft.

Menselijk kapitaal (ΔHC) heeft een positief maar statistisch zwak effect, wat erop wijst dat verbeteringen in vaardigheden en scholing hun invloed pas met vertraging uitoefenen. De conjuncturele indicator (GDP_CYCLE) blijft sterk significant ($\approx 0,34$),

waarmee wordt bevestigd dat jaarlijkse TFP-fluctuaties vooral door de economische cyclus worden gedreven. De crisisdummy heeft een klein en niet-significant negatief effect.

De foutcorrectieterm (ECT) is in beide varianten negatief en significant ($\phi \approx -0,12$). Dit betekent dat ongeveer 12% van een tijdelijke afwijking van het structurele evenwicht jaarlijks wordt gecorrigeerd. Met andere woorden: het systeem keert geleidelijk terug naar het langetermijngroei-pad, met een halfwaardetijd van ongeveer vijf jaar. Deze aanpassingssnelheid ligt in lijn met schattingen voor andere OESO-landen (Soete, Verspagen & Ziesemer, 2020) en wijst op een stabiel maar traag convergentieproces.

Over het algemeen toont de ECM-analyse dat de productiviteitswinst van R&D zich niet onmiddellijk manifesteert, maar zich via het foutcorrectiemechanisme langzaam opbouwt: **Binnenlandse R&D-groei** heeft geen direct significant effect op TFP en kan tijdelijk zelfs een lichte productiviteitsdip veroorzaken door herallocatie van

middelen en implementatiekosten.

Buitenlandse R&D-groei heeft wél een direct positief effect, wat de rol van internationale kennisdiffusie onderstreept.

Aanpassingsmechanisme: het model corrigeert jaarlijks circa één vijfde van tijdelijke onevenwichten, wat duidt op een stabiele convergentie naar het structurele langetermijnevenwicht.

De korte-termijnanalyse bevestigt dat de Nederlandse productiviteit sterk reageert op buitenlandse kennisstromen en conjuncturele omstandigheden, maar slechts beperkt op binnenlandse R&D-impulsen. De opbrengsten van binnenlandse kennisopbouw komen pas later tot uiting via het langetermijnevenwicht. De orthogonale interactieterm verfijnt dit beeld zonder de dynamiek wezenlijk te veranderen: het kortetermijneffect blijft zwak, terwijl de langetermijnabsorptiecapaciteit de structurele motor van groei vormt.

Deze bevindingen onderstrepen dat de productiviteitswinst van R&D zich in Nederland vooral met vertraging manifesteert. Op korte termijn domineren implementatie- en diffusie-effecten, terwijl

de structurele kennisopbrengsten pas op langere termijn zichtbaar worden via het foutcorrectiemechanisme, zoals figuur 6 laat zien.

Dynamiek van aanpassing en convergentiesnelheid

De foutcorrectieterm (ECT) laat zien hoe snel de economie zich aanpast aan een nieuw evenwicht nadat er iets verandert in de onderliggende groeifactoren. Denk bijvoorbeeld aan een structurele verhoging van de R&D-uitgaven: die impuls is blijvend, maar het effect op de productiviteit komt slechts geleidelijk op gang. De ECT beschrijft hoe snel die overgang verloopt.

Een negatieve waarde betekent dat het systeem zichzelf corrigeert: als de productiviteit tijdelijk boven het nieuwe evenwichtsniveau ligt, zal de groei in de jaren daarna afnemen; ligt ze eronder, dan trekt de groei juist aan. De ECT meet dus het tempo waarmee de economie na een verandering terugkeert naar een stabiel groeipad.

In technische termen is de ECT de coëfficiënt op de afwijking van het langetermijnevenwicht die volgt uit de

DOLS-schatting. Hoe groter (in absolute zin) deze coëfficiënt, hoe sneller de economie de overgang maakt van de korte naar de lange termijn.

In onze schattingen bedraagt deze coëfficiënt $\phi = -0,12$ in het basismodel en $\phi = -0,11$ in de uitgebreide variant. Dit betekent dat jaarlijks ongeveer 11 à 12 procent van een tijdelijke afwijking van het langetermijnevenwicht wordt gecorrigeerd. De bijbehorende halfwaardetijd bedraagt ongeveer 5 tot 6 jaar – de periode die nodig is om de helft van een productiviteitsschok te herstellen. Na tien jaar is circa 70 à 80 procent van het nieuwe evenwicht bereikt; daarna vlakt het aanpassingsproces geleidelijk af.

Deze snelheid ligt in dezelfde orde van grootte als die welke Griffith, Redding & Van Reenen (2004) en Engelbrecht (1997) rapporteren voor OESO-landen. Dat wijst op een stabiel maar traag convergerend innovatiesysteem: de Nederlandse economie reageert niet abrupt op schokken, maar herstelt geleidelijk richting een hoger structureel productiviteitsniveau.

Dit tempo van convergentie is vergelijkbaar met waarden die Griffith, Redding & Van Reenen (2004) en Engelbrecht (1997) rapporteren voor OESO-landen, en wijst op een flexibel en relatief veerkrachtig innovatiesysteem. Het duidt erop dat Nederland snel reageert op tijdelijke verstoringen, maar dat de volledige structurele productiviteitsopbrengst van R&D zich pas na enkele jaren materialiseert.

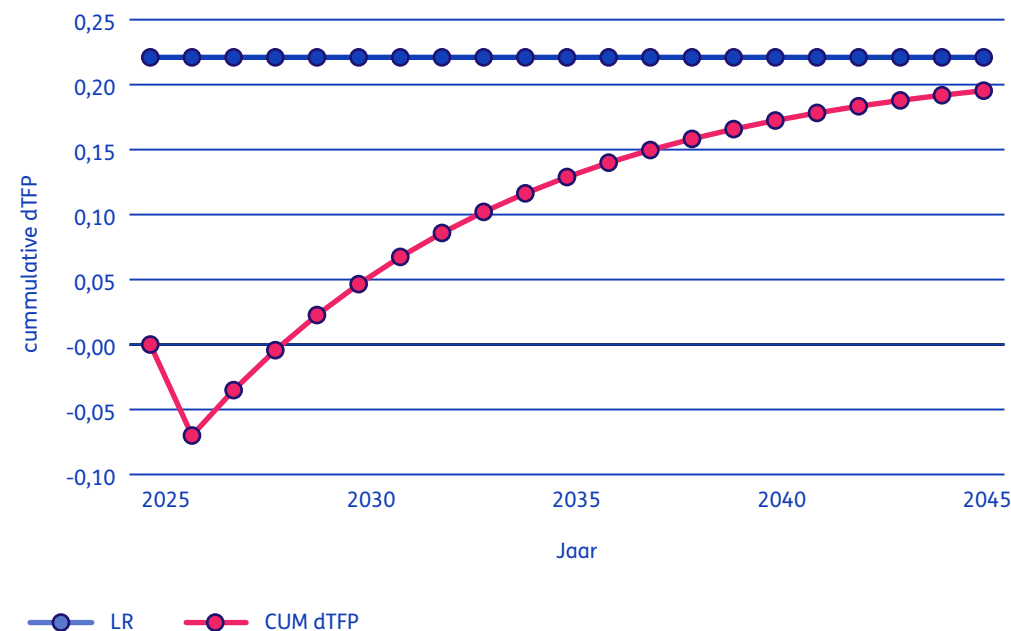
De foutcorrectie weerspiegelt het samenspel tussen korte en lange termijn. De impuls-respons functie (zie figuren hieronder) illustreren dit aanpassingsproces.

De impuls-responsfunctie van de basisvariant laat duidelijk zien dat een plotselinge permanente stijging van R&D-Uitgaven niet onmiddellijk leidt tot hogere productiviteit. Direct na de schok ontstaat juist een korte, negatieve reactie: de oranje lijn in Figuur 6 duikt iets onder de nul. Deze tijdelijke daling weerspiegelt het aanpassingsproces binnen bedrijven en kennisinstellingen. Extra R&D vergt her-allocatie van arbeid, managementaandacht en kapitaal. In de eerste jaren overheersen de kosten van

implementatie, reorganisatie en leercurves. De productiviteit per werknemer neemt daardoor tijdelijk af, ook al wordt er meer kennis gegenereerd. Na deze dip zet een geleidelijk herstel in. De curve

kruist na enkele jaren de nullijn en stijgt vervolgens gestaag richting een nieuw evenwichtsniveau. Rond 2035–2040 is het grootste deel van de aanpassing voltooid en vlakt de lijn af.

IRF - Basis

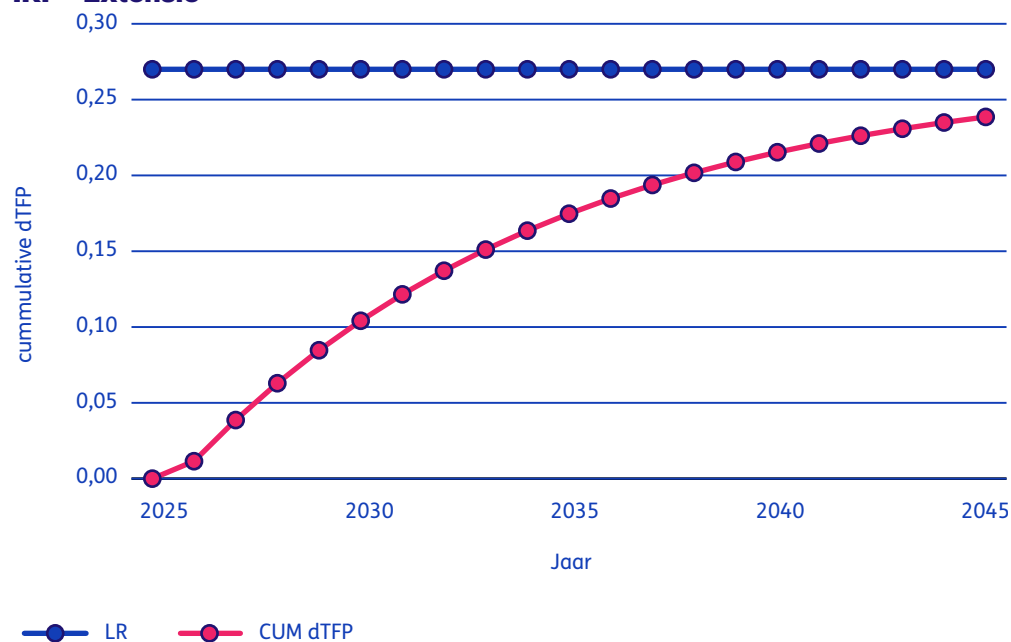


Figuur 6. Impulse response function van een R&D-schok op TFP (basisvariant)

De uitgebreide variant met orthogonale interactieterm laat een duidelijk vlakke en positievere dynamiek zien. Hier ontbreekt de initiële dip, en de cumulatieve

TFP-reactie convergeert naar een structurele toename van ongeveer +0,21 procentpunt..

IRF - Extensie



Figuur 7. Impulse response function van een R&D-schok op TFP (uitgebreide variant)

Wanneer we de twee varianten naast elkaar leggen, valt op dat ze verschillende startpunten hebben, maar convergentie naar dezelfde lange-termijn elasticiteit. In de basisvariant begint de TFP-reactie net onder nul, in de uitgebreide variant net erboven. Dat verschil is economisch niet betekenisvol: in beide gevallen is de t-waarde van de kortetermijncoefficiënt van R&D niet significant en ligt dicht bij nul.

De variatie in het beginpunt is dus verklaarbaar en weerspiegelt vooral statistische ruis en modelgevoeligheid, niet een fundamenteel verschil in dynamiek. Waar het om gaat, is dat het verloop en het eindpunt van de aanpassing overeenkomen: beide modellen tonen een geleidelijk en stabiel herstel richting een hoger productiviteitsevenwicht.

Het gezamenlijke beeld is helder: de exacte beginreactie van TFP op extra R&D is onzeker, maar de richting van herstel en het structurele groeipad waarnaar de economie terugkeert, zijn robuust en positief.

Dit wijst op een veerkrachtig, maar niet onmiddellijk reagerend innovatiesysteem.

Nederland past zich op productiviteits-schokken aan, maar de volledige structurele opbrengst van R&D komt pas na enkele jaren tot uiting. Dat patroon zien we ook in de praktijk: de R&D-uitgaven zijn sterk toegenomen, terwijl de gemeten TFP-groei achterblijft en in onze ECM-schatting zelfs tijdelijk licht negatief kan uitvallen.

Dat duidt niet op ineffectiviteit van R&D, maar op een vertraging van absorptie en herallocatiekosten: middelen en menskracht verschuiven eerst richting onderzoek, waarna de kennisopbrengsten met vertraging zichtbaar worden. Juist daarom is een raamwerk nodig dat korte en lange termijn samen analyseert. De DOLS-schatting identificeert het structurele R&D-rendement (positief, en groter bij meer afstand tot de frontier), terwijl het ECM de aanpassingsfase en mean reversion kwantificeert. Zonder deze tweedeling zou het tijdelijke, negatieve kortetermijneffect ten onrechte kunnen worden gezien als een beleidsmislukking, terwijl het in werkelijkheid past bij het normale leer- en diffusieproces op weg naar een hoger evenwichtsniveau.

Het foutcorrectiemechanisme maakt één beleidsinzicht duidelijk: stabiele en structurele R&D-investeringen zijn effectiever dan korte impulsen. Tijdelijke schokken veroorzaken frictie en een korte terugval, terwijl continuïteit de kennisdiffusie versnelt en het systeem beter laat profiteren van de opgebouwde kennis. De “impulse response functions” tonen zo een economie die zich efficiënt herstelt na verstoringen, maar waarvan duurzame productiviteitsgroei voortkomt uit geleidelijke, volgehouden kennisopbouw.

Methode en resultaten Kosten-batenanalyse R&D

Om te beoordelen of extra R&D-investeringen economisch lonen, is een kosten-batenanalyse (BCR, Benefit-Cost Ratio) uitgevoerd. De BCR vergelijkt de verdisconteerde baten – de verwachte toename van de economische output (bbp) – met de verdisconteerde kosten van de benodigde R&D-uitgaven.

Er bestaan verschillende manieren om de BCR van R&D-investeringen op bbp uit te rekenen:

Eenmalige impuls: een tijdelijke stijging van R&D-uitgaven in één jaar. De baten tonen het kortetermijneffect op TFP of bbp, maar het onderhoud van de kennisvoorraad wordt genegeerd. De uitkomst overschat daardoor het structurele rendement.

Structurele verhoging⁴: een blijvende toename van R&D-uitgaven, waardoor de kennisvoorraad continu groeit. Deze benadering is realistischer voor lange-termijnbeleid, maar vergelijkt nog steeds twee volledig verschillende werelden (geen groei versus structurele groei).

Incrementele benadering: vergelijkt twee realistische groeipaden, bijvoorbeeld een R&D-stock die met 2% groeit tegenover 3%. Zo worden alleen de extra baten en kosten van een beleidsintensivering meegenomen.

Voor beleid is de incrementele BCR het meest informatief. Ze sluit aan bij de echte beleidsvraag – hoeveel extra groei van de R&D-stock is nog rendabel – en voorkomt overschatting van baten doordat onderhoud en afschrijving zijn meegerekend. Deze aanpak meet dus niet of R&D loont, maar *hoeveel extra rendement* een verdere intensivering oplevert. Dat maakt haar de juiste maatstaf voor beleidskeuzes over structurele R&D-investeringen.

Deze aanpak sluit aan bij de dynamiek van het empirische model, waarin de relatie tussen R&D en productiviteit zich geleidelijk ontwikkelt. Op korte termijn is het effect van extra R&D-investeringen beperkt, omdat kennis zich langzaam opbouwt en pas later zichtbaar wordt in TFP. Op langere termijn versterken die kennisaccumulatie en diffusie elkaar, waardoor de baten toenemen en de baten-kostenverhouding (BCR) stijgt. De incrementele benadering maakt deze overgang van korte naar lange

termijn expliciet zichtbaar in de tijd.

De incrementele BCR tussen twee scenario's ($k_1 \rightarrow k_2$) is:

$$BCR_{inc}(k_1 \rightarrow k_2) = \frac{[PV_{baten}(k_2) - PV_{baten}(k_1)]}{[PV_{kosten}(k_2) - PV_{kosten}(k_1)]}$$

Dus, de incrementele BCR tussen een beleidsscenario met een stock groeit van $k\%$ per jaar en de baseline met stock constant is :

$$BCR_{inc}(k_0 \rightarrow k) = \frac{[PV_{baten}(k) - PV_{baten}(k_0)]}{[PV_{kosten}(k) - PV_{kosten}(k_0)]}$$

Merk hierbij op dat de baten van de baseline nul zijn maar de kosten niet. Het kost namelijk redelijk veel om de stock constant te houden.

⁴ De Rabobank berekent de bang for buck van R&D-investeringen door te simuleren wat er gebeurt als er structureel een vast extra bedrag, bijvoorbeeld €5 miljard per jaar, in R&D wordt gestoken (Erken, van Harn, & Van Es, 2021). Daardoor groeit de R&D-stock geleidelijk naar een nieuw evenwichtsniveau: zolang de stock toeneemt, groeit het bbp tijdelijk sneller; zodra dat nieuwe niveau is bereikt, stabiliseert de groei.

De baten zijn het cumulatieve bbp-verschil tot 2050 ten opzichte van het basisscenario, de kosten de extra R&D-uitgaven over diezelfde periode. Door deze baten en kosten te vergelijken ontstaat hun bang-for-buck-maatstaf. Wanneer wij onze resultaten op dezelfde manier berekenen, vinden we een vergelijkbare verhouding tussen baten en kosten.

Interpretatie van BCR waardes:

Waarde van BCR / Incrementele BCR	Betekenis (economie)	Wat het suggereert
< 1,0	De verdisconteerde baten zijn kleiner dan de kosten.	Alleen zinvol als er strategische redenen zijn (bv. kennisveiligheid, sociale baten, green deal).
1	Baten en kosten zijn precies in evenwicht.	Project of beleid is kostendekkend maar niet winstgevend.
1,0 – 1,5	Positief rendement.	Beleid is economisch verantwoord mits neveneffecten positief zijn.
1,5 – 2,0	Sterk rendement.	Zeer rendabele investering.
2,0 – 3,0	Hoog rendement.	Structurele groeibijdrage; geschikt voor opschaling.
> 3,0	Uitzonderlijk hoog rendement.	Structurele groeibijdrage; zeer geschikt voor opschaling.

De resultaten beschrijven de verwachte bbp-effecten en maatschappelijke rendementen van drie beleidsscenario's waarin de R&D-stock vanaf 2026 jaarlijks toeneemt met respectievelijk 1%, 2%, 3%, 4%, en 5%, vergeleken met een baseline waarin de kennisvoorraad constant blijft.

In beide ECM-varianten is het directe kortetermijneffect van een verandering in binnenlandse R&D op TFP verwaarloosbaar en niet statistisch significant (–0,013 respectievelijk +0,051; zie Tabel 3). Daarom is dit effect in de berekeningen op nul gezet: een extra R&D-impuls in jaar t wordt verondersteld geen onmiddellijke

productiviteitsstijging te veroorzaken, maar geleidelijk door te werken via het foutcorrectiemechanisme (ECT = 0,12) in de daaropvolgende jaren.

Deze uitkomsten zijn berekend onder conservatieve aannames over de afschrijving ($\delta = 0,15$) en de verdisconteringsvoet (3%). Verdere toelichting op model- en parameterkeuzes is opgenomen in Appendix C.

Incrementele effecten ten opzichte van de baseline

Tabel 4 toont de incrementele BCR van verschillende groeiscenario's van de R&D-stock (van 1 procent tot 5 procent jaarlijkse groei) ten opzichte van een baseline waarin de kennisvoorraad constant blijft. De ratio is berekend voor verschillende jaren, om te laten zien hoe de baten zich in de tijd ontwikkelen.

Tabel 4. incrementele BCR ten opzichte van de baseline

Jaar	0 → 1%	0 → 2%	0 → 3%	0 → 4%	0 → 5%
2030	0,49	0,48	0,48	0,47	0,46
2035	1,32	1,27	1,23	1,19	1,15
2040	2,08	1,98	1,88	1,79	1,70
2045	2,72	2,55	2,39	2,23	2,08
2050	3,24	3,00	2,76	2,54	2,32
2075	4,64	4,01	3,42	2,88	2,39
2100	5,10	4,15	3,27	2,49	1,84

De resultaten laten zien dat de baten pas na zeven à acht jaar groter worden dan de kosten. Het break-evenpunt ligt rond 2032–2033. Daarvóór is het rendement tijdelijk lager dan één, omdat de kennisvoorraad eerst moet worden opgebouwd terwijl de productiviteitswinst nog beperkt is. Daarna stijgt de BCR snel: op de lange termijn levert elke extra euro R&D tussen 2 en 3 euro aan economische baten op.

De vertraagde baten volgen logisch uit de dynamiek van het model. In de eerste jaren na een impuls in R&D-investeringen is het effect op TFP nog klein, omdat de kennisvoorraad zich eerst moet opbouwen en de economie zich langzaam aanpast richting het nieuwe langetermijnevenwicht. De foutcorrectieterm geeft aan dat deze aanpassing geleidelijk verloopt: slechts circa 10 à 12 procent van de afstand tot het evenwicht wordt per jaar ingelopen. Pas naarmate die correctie zich voltrekt, wordt de volledige elasticiteit van R&D ten opzichte van TFP (ongeveer 0,22 in onze schattingen) zichtbaar. Daarom stijgen de baten pas met vertraging en kruipt de BCR pas na zeven tot acht jaar boven één.

Ook is te zien dat het marginale rendement kleiner wordt naarmate de groeivoet van de R&D-stock hoger is. Bij een gematigde intensivering (0→1%) is de BCR in 2050 nog 3,24, maar bij een sterke opschaling (0→5%) zakt deze naar 2,32. Dat komt doordat een hogere groeivoet structureel meer onderhoud en vervangingsinvesteringen vraagt: hoe sneller de kennisvoorraad groeit, hoe meer middelen nodig zijn om die voorraad überhaupt op peil te houden. Zodra de groei van de R&D-stock (dS) hoger ligt dan de groei van het BBP (dY), nemen de jaarlijkse kosten steeds sneller toe, terwijl de baten minder hard meeschalen.

Het gevolg is dat het rendement op extra R&D-investeringen positief blijft, maar afnemend aan de marge: structureel een hoge groeivoet van de R&D-stock is economisch haalbaar, maar steeds duurder om vol te houden.

Op de zeer lange termijn (na 2050) begint de baten-kostenverhouding bij de hoogste groeiscenario's weer te dalen. Dat komt doordat een steeds grotere kennisvoorraad ook steeds meer kost om te onderhouden. Elk jaar moet een deel van de bestaande

kennis worden vernieuwd, vervangen of geactualiseerd om relevant te blijven. Naarmate de R&D-stock blijft groeien, stijgen die vaste lasten sneller dan de economie zelf.

Op een gegeven moment gaat dus een steeds groter deel van het nationale inkomen naar het in stand houden van kennis die er al is, in plaats van naar nieuwe innovatie. Daardoor nemen de extra baten van nog hogere R&D-investeringen geleidelijk af. De opbrengst blijft positief – investeren in kennis loont nog steeds – maar het tempo waarin de baten toenemen, wordt kleiner. Dit laat zien dat extra R&D tot 2050 duidelijk rendabel blijft, vooral bij groeivoeten van 1 tot 3 procent per jaar, maar dat verder opschalen op de heel lange termijn steeds minder efficiënt wordt.

Marginale baten van extra intensivering

Tabel 5 laat zien wat het extra rendement is van een verdere intensivering van R&D-investeringen — dus de winst van een volgende stap in de groei van de kennisvoorraad, bijvoorbeeld van 1 procent naar 2 procent jaarlijkse toename. Anders dan tabel 4, die elke groeivoet vergeleek

met een volledig statische baseline, toont deze berekening de marginale baten van extra groei bovenop een reeds stijgende R&D-stock.

Tabel 5. Incrementele BCR ($k \rightarrow k + 1$ %)

Jaar	0 → 1%	1 → 2%	2 → 3%	3 → 4%	4 → 5%
2030	0,49	0,48	0,46	0,44	0,43
2035	1,32	1,23	1,15	1,08	1,01
2040	2,08	1,89	1,72	1,56	1,41
2045	2,72	2,41	2,12	1,87	1,65
2050	3,24	2,79	2,40	2,05	1,76
2075	3,99	3,03	2,27	1,68	1,23
2100	4,11	2,79	1,83	1,17	0,73

In de eerste jaren (tot circa 2032) ligt de baten-kostenverhouding nog onder 1, omdat de kennisvoorraad eerst moet worden opgebouwd voordat de productiviteitswinst zichtbaar wordt. Daarna stijgt de BCR snel: één extra euro aan R&D levert op langere termijn gemiddeld tussen €1,76 en €3,24 aan economische baten op.

De marginale baten nemen echter geleidelijk af bij hogere groeivoeten. De eerste stappen (0→1% en 1→2%) zijn economisch het aantrekkelijkst: ze leveren het hoogste rendement tegen relatief beperkte extra kosten. Bij sterkere

intensivering nemen de baten nog wel toe, maar minder snel dan de investeringen, omdat de onderhouds- en vervangingskosten van de grotere kennisvoorraad steeds zwaarder gaan wegen.

Voor een land dat zich momenteel rond 1 à 2% jaarlijkse groei van de R&D-stock bevindt, zijn vooral de stappen 1→2% en 2→3% economisch aantrekkelijk: in deze scenario's blijven de baten ruimschoots boven de kosten, ook op middellange termijn.

Na 2050 wordt zichtbaar dat de BCR bij de hoogste groeiscenario's geleidelijk begint te dalen. Dat komt doordat een steeds

grotere kennisvoorraad ook steeds duurder wordt om te onderhouden: elk jaar moet meer bestaande kennis worden vernieuwd of vervangen. Zodra de groei van de R&D-stock sneller oploopt dan die van het bbp, nemen de structurele lasten sneller toe dan de baten. De opbrengst blijft positief, maar het tempo van groei vakt af.

Dit laat zien dat extra R&D tot 2050 duidelijk rendabel blijft – vooral bij groeivoeten van 1 tot 3% per jaar – maar dat verdere opschaling op de lange termijn steeds minder efficiënt wordt.

Interpretatie en conclusies over de kosten-baten analyse

De analyse laat zien dat extra R&D-investeringen aanvankelijk vooral kosten met zich meebrengen, maar op termijn aanzienlijke baten opleveren. De baten overtreffen de kosten na een aanlooptijd van ongeveer zeven jaar: rond 2032–2033 wordt het break-evenpunt bereikt. Daarna stijgt de baten-kostenverhouding (BCR) snel. In 2050 ligt de BCR in alle scenario's ruim boven 1 – met waarden tussen 2,0 en 3,0 – wat wijst op structureel positieve en robuuste langetermijneffecten van binnenlandse R&D.

De resultaten bevestigen dat de baten van kennisinvesteringen zich met vertraging opbouwen. In de eerste jaren is het effect op productiviteit beperkt, omdat de kennisvoorraad zich moet versterken en de economie geleidelijk naar een nieuw evenwicht groeit. Op middellange termijn worden de opbrengsten steeds groter, naarmate kenniscreatie, diffusie en toepassing elkaar versterken.

Wel nemen de marginale baten af bij sterkere intensivering. De eerste stappen in de groei van de R&D-stock (0→1% en 1→2% per jaar) leveren het hoogste rendement op; elke volgende stap iets minder. Dat komt doordat een sneller groeiende kennisvoorraad ook meer onderhoud en vervanging vraagt. Zodra de groei van de R&D-stock sneller oploopt dan die van het bbp, stijgen de structurele lasten sneller dan de baten.

Op de zeer lange termijn (na 2050) vakt de BCR bij de hoogste groeiscenario's verder af. Een steeds grotere kennisvoorraad vraagt jaarlijks meer middelen om te onderhouden, vernieuwen en te actualiseren. Op dat moment gaat een groter deel van het nationale inkomen naar

het behoud van bestaande kennis in plaats van naar nieuwe innovatie. De opbrengst van extra investeringen blijft positief, maar groeit minder hard mee.

Samengevat tonen de resultaten aan dat extra R&D tot 2050 duidelijk rendabel blijft. Het grootste en meest duurzame rendement wordt behaald bij een gematigde, structurele groei van de R&D-stock tussen 1 en 3 procent per jaar – een pad dat economisch houdbaar is, de productiviteit versterkt en ruimte laat voor stabiel, langetermijngericht kennisbeleid.

Conclusie

De conclusie laat zien wat de empirische resultaten betekenen voor het Nederlandse groeibeleid: hoe R&D-investeringen op korte termijn doorwerken, wat hun structurele effect is op productiviteit, en onder welke voorwaarden ze het meeste opleveren.

Effecten van binnenlandse R&D op productiviteit

De analyse bevestigt dat de relatie tussen R&D en productiviteit in Nederland zich vooral op de lange termijn manifesteert. Op korte termijn is het verband zwak en

statistisch onduidelijk, maar het structurele groeipad dat daaruit voortkomt is robuust en consistent met de internationale literatuur.

Het startpunt van de productiviteitsreactie op extra R&D is onzeker vanuit empirisch perspectief. Zowel in de modellen als in de recente data — waarin R&D-uitgaven sterk zijn toegenomen, maar de TFP-groei beperkt bleef — zien we geen eenduidig direct verband. De korte-termijncoëfficiënt van R&D is niet significant en schommelt rond nul: in sommige specificaties licht negatief, in andere licht positief. Dat wijst op een aanpassingsfase waarin de initiële effecten van kennisinvesteringen worden geabsorbeerd, maar nog niet volledig tot uiting komen in gemeten productiviteit.

Daartegenover staat een duidelijk en stabiel langetermijnpatroon. De DOLS-schattingen tonen een structurele elasticiteit van TFP ten opzichte van binnenlandse R&D van circa 0,21–0,22. Dat betekent dat een stijging van de R&D-voorraad met 1 procent op lange termijn leidt tot een toename van TFP met ongeveer 0,21 procent. Dit effect blijft overeind bij uitbreiding van het model met frontieraafstand en interactietermen, wat

de robuustheid van de structurele relatie onderstreept.

Buitenlands R&D, frontieraafstand en groeipotentieel

De resultaten van dit onderzoek tonen dat de afstand tot de technologische frontier een bepalende factor is voor het structurele groeipotentieel van de Nederlandse economie. Op de lange termijn vergroot een gematigde afstand het rendement van binnenlandse R&D: de positieve interactieterm (0,08) laat zien dat R&D-inspanningen juist meer opleveren wanneer er ruimte is voor technologische inhaalgroei. In die fase fungeert binnenlandse R&D niet alleen als motor van eigen innovatie, maar ook als mechanisme om frontierkennis te absorberen en te vertalen naar productiviteit.

Op de korte termijn speelt de frontieraafstand echter nauwelijks een rol. De jaarlijkse variatie in TFP wordt vooral verklaard door buitenlandse kennisstromen (ΔF_{RD}), niet door verschillen in technologische afstand. Dat bevestigt dat de structurele winst van R&D-absorptie een kwestie van jaren is, terwijl de onmiddellijke

productiviteitsfluctuaties vooral worden gedreven door internationale spillovers en conjunctuur.

Het gecombineerde beeld is helder: buitenlandse kennisdiffusie voedt de korte-termijndynamiek, terwijl de absorptiecapaciteit van binnenlandse R&D de structurele motor vormt op de lange termijn. Voor beleid impliceert dit dat Nederland zijn groeipotentieel niet enkel kan vergroten door méér R&D, maar vooral door de koppeling tussen binnenlandse kennisontwikkeling en buitenlandse kennisabsorptie te versterken — via samenwerking, open innovatieprogramma's en een sterke kennisinfrastructuur die frontiertecnologie effectief vertaalt naar productieve toepassing.

Het aanpassingsproces tussen korte en lange termijn

Het aanpassingsproces tussen korte en lange termijn verloopt geleidelijk maar stabiel. De foutcorrectieterm in het ECM (–0,12) wijst erop dat jaarlijks ongeveer twaalf procent van een tijdelijke afwijking van het structurele groeipad wordt gecorrigeerd. Dat betekent dat

kennisinvesteringen zich langzaam maar zeker vertalen in productiviteitswinst: met een halfwaardetijd van ongeveer vijf jaar is de helft van het effect dan gerealiseerd, en na tien tot vijftien jaar vrijwel het volledige structurele effect.

Deze trage maar zekere convergentie is kenmerkend voor volwassen kenniseconomieën. Innovaties vragen tijd om te diffunderen, organisaties aan te passen en nieuwe technologieën productief toe te passen. In die overgangperiode domineren de kosten van implementatie, opleiding en herallocatie, terwijl de baten zich pas later materialiseren. De economie beweegt daardoor niet schoksgewijs, maar in een stabiele, geleidelijke convergentie naar een hoger productiviteitsniveau.

De kosten-batenanalyse

De kosten-batenanalyse vertaalt de schattingsresultaten naar economische rendementen op R&D-investeringen. De uitkomsten laten zien dat extra R&D in eerste instantie vooral kosten met zich meebrengt, maar dat de baten na ongeveer zeven jaar (rond 2032–2033) beginnen te domineren. Vanaf dat moment

stijgt de baten-kostenverhouding (BCR) snel. In 2050 ligt de incrementele BCR — die alleen de extra baten en kosten van verdere intensivering meet — in alle scenario's ruim boven 1, met waarden tussen 2,3 en 3,0 afhankelijk van de groeivoet van de R&D-stock.

Dat betekent dat elke extra euro bovenop het huidige R&D-niveau op de lange termijn gemiddeld € 2 tot € 3 aan extra economische baten oplevert. De eerste stappen zijn het meest rendabel: bij een groei van de R&D-stock van 1 naar 2 procent per jaar blijft de incrementele BCR rond 2,8–3,0, terwijl die bij een sterke opschaling van 4 naar 5 procent daalt richting 1,7–1,8. Hogere groeivoeten leveren dus afnemende meeropbrengsten op, omdat een steeds grotere kennisvoorraad ook meer onderhoud en vervanging vraagt.

Het optimale tempo voor structurele groei ligt daarmee rond 1 à 2 procent jaarlijkse toename van de R&D-stock. Binnen dit bereik blijven de baten structureel hoger dan de kosten en is het rendement maatschappelijk robuust. Op de veel langere termijn laat de doorrekening

tot 2075–2100 zien dat bij blijvend hoge groeivoeten (4–5%) de baten uiteindelijk weer afvlakken. De onderhouds- en afschrijvingslasten nemen dan sneller toe dan de opbrengsten. De conclusie is dus tweeledig: intensivering loont duidelijk tot 2050, maar structurele groei vereist dat investeringen niet alleen toenemen, maar ook slimmer worden ingezet.

Algeheel beeld en beleidsimplicaties

In samenhang schetst dit een coherent beeld van de Nederlandse innovatiedynamiek:

- het directe, jaarlijkse effect van R&D op productiviteit is klein en onzeker;
- de langetermijnopbrengsten van kennisopbouw zijn robuust, positief en duurzaam;
- de economie convergeert geleidelijk naar dit hogere evenwichtsniveau;
- en de rendabiliteit van extra investeringen is positief maar afnemend aan de marge.

De empirische conclusie is daarmee even eenvoudig als belangrijk: R&D is een trage maar zekere motor van productiviteitsgroei. De exacte timing van de effecten is onzeker, maar het eindpunt

— een structureel hoger niveau van TFP en bbp — is consistent en betrouwbaar. Het huidige databeeld, waarin R&D groeit zonder onmiddellijke productiviteitsprong, past volledig binnen deze dynamiek van vertraagde kennisdiffusie.

De combinatie van een sterk structureel R&D-effect en een beperkte korte-termijn-absorptie benadrukt dat Nederland zich in een overgangsfase bevindt: de kennisbasis is groot, maar de benutting ervan blijft achter. De afstand tot de frontier biedt nog enige ruimte voor productiviteitsgroei, maar het succes daarvan hangt af van hoe snel buitenlandse kennis kan worden opgenomen en toegepast binnen het nationale innovatiesysteem.

Voor beleid betekent dit dat continuïteit belangrijker is dan snelheid: stabiele, voorspelbare en goed gerichte R&D-investeringen versterken het structurele groeipad van de Nederlandse economie. Tegelijk vraagt dit om beleid dat de effectiviteit van kennisinvesteringen vergroot — via sterkere internationale kennisabsorptie, moderne digitale en fysieke infrastructuur, en een innovatie-ecosysteem waarin kennis sneller wordt

toegepast in bedrijven. Alleen dan kan Nederland de volle baten van R&D benutten zonder dat de structurele lasten uit de hand lopen.

Beperkingen van de methode en benodigd vervolgonderzoek

De analyse levert robuuste resultaten op, maar de gehanteerde methode kent duidelijke beperkingen. Dit hoofdstuk bespreekt kort de belangrijkste aandachtspunten voor verbetering en schetst vervolgens hoe toekomstig onderzoek en beleid de productiviteitsimpact van R&D effectiever kunnen vergroten.

Het verbeteren van de methode

Hoewel het toegepaste model robuuste schattingsresultaten oplevert en theoretisch goed verankerd is in de literatuur over endogene groei, kent de gehanteerde methode enkele belangrijke beperkingen die bij de interpretatie van de resultaten in acht moeten worden genomen.

1. Onderscheid tussen publieke en private R&D

In de hoofdschatting zijn publieke en private R&D samengenomen tot één totale kennisvoorraad. Dit is gedaan om vertekeningen te voorkomen die optreden wanneer beide variabelen afzonderlijk worden opgenomen. In dat geval leidt de sterke onderlinge correlatie tot multicollineariteit, waardoor de afzonderlijke coëfficiënten instabiel en moeilijk te interpreteren worden (vgl. Hall, Mairesse & Mohnen, 2010; Soete, Verspagen & Ziesemer, 2020). Een mogelijke vervolgstap is het orthogonaliseren van de publieke R&D-variabele ten opzichte van de private, of het uitvoeren van afzonderlijke regressieanalyses met gezuiverde datasets om de marginale bijdragen beter te onderscheiden.

2. Depreciatie van de R&D-stock

In lijn met de gangbare benadering (Hall et al., 2010) is uitgegaan van een constante jaarlijkse afschrijving van 15 procent op de R&D-stock. In werkelijkheid is dit percentage niet stabiel over de tijd: technologische kennis en kapitaalgoederen verouderen tegenwoordig sneller dan in

de decennia na de Tweede Wereldoorlog, toen innovaties een langere economische levensduur hadden. Dit impliceert dat de veronderstelling van constante depreciatie leidt tot een lichte overschatting van de effectieve kennisvoorraad in recente jaren. Een meer verfijnde benadering zou rekening houden met sectorale verschillen in veroudering en de veranderende snelheid van technologische diffusie (vgl. Guellec & van Pottelsberghe, 2004; Soete et al., 2020).

3. Modeluitbreiding en endogeniteit

Een verdere uitbreiding van het model met aanvullende variabelen – zoals institutionele kwaliteit, openheid of ondernemerschap – is methodologisch aantrekkelijk, maar econometrisch complex. Veel potentiële verklarende variabelen zijn endogeen of sterk gecorreleerd met bestaande termen, wat leidt tot multicollineariteit en overspecificatie (zie Florax, De Groot & Heijungs, 2002). Een robuuste uitbreiding vereist daarom ofwel instrumentele variabelen, ofwel alternatieve methoden zoals panel-VECM's met exogene schokken, waarbij de interpretatie echter snel aan transparantie verliest.

4. Micro-macro-koppeling

Tot slot blijft de empirische koppeling tussen de micro-economische effectiviteit van R&D en de macro-economische productiviteitsgroei een uitdaging. De literatuur wijst erop dat hoge rendementen op projectniveau zich slechts gedeeltelijk vertalen in geaggregeerde productiviteitswinsten, onder meer door kennisspillovers, marktfalen en aanpassingsvertragingen (Hall et al., 2010). De gebruikte macro-economische benadering abstraheert noodgedwongen van deze microdynamiek, waardoor causale interpretaties met voorzichtigheid moeten worden gemaakt.

Het weerleggen van de focus

Het debat over R&D en productiviteit is de afgelopen decennia sterk kwantitatief gedreven. De centrale vraag luidde doorgaans: wat is de impact van R&D op TFP? De nadruk lag op het verfijnen van econometrische methoden, het verhogen van de robuustheid van coëfficiënten en het verbeteren van de foutcorrectieterm (ECT) die de overgang van korte- naar langetermijnevenwicht beschrijft. Hoewel dit type verfijning de empirische betrouwbaarheid versterkt, laat het een fundamentele economische

vraag onbeantwoord: hoe houdbaar is een groeistrategie die steunt op steeds grotere R&D-voorraden? Naarmate de totale R&D-stock toeneemt, stijgt ook de jaarlijkse inspanning die nodig is om de afschrijving (depreciatie) te compenseren. Op de zeer lange termijn wordt het steeds duurder om de bestaande kennisvoorraad op peil te houden, waardoor het structureel uitbreiden van R&D-intensiteit economisch moeilijk vol te houden is. De beleidsvraag verschuift daarmee van méér R&D naar effectievere R&D: *welk beleid vergroot de productiviteitsopbrengst per geïnvesteerde euro?*

De uitdaging ligt niet alleen in het preciezer meten van rendement, maar in het versterken van de transmissiemechanismen waardoor kennisinvesteringen zich daadwerkelijk vertalen in productieve groei. Naarmate de totale R&D-stock toeneemt, stijgen immers ook de jaarlijkse kosten om die voorraad op peil te houden. Op de zeer lange termijn is een steeds hogere ‘onderhoudsintensiteit’ van kennis economisch moeilijk houdbaar. Dit onderstreept het belang van beleid dat niet enkel de omvang van R&D-uitgaven vergroot, maar vooral de effectiviteit ervan versterkt.

Gericht technologisch beleid

Een eerste beleidsrichting betreft gericht technologisch beleid (directed technological change). Acemoglu et al. (2012) laten zien dat de richting van technologische vooruitgang — bijvoorbeeld richting groene of digitale domeinen — bepalend is voor de productiviteits- en welvaartseffecten van innovatie. Niet de hoeveelheid R&D, maar de richting en complementariteit met andere productiefactoren bepalen het uiteindelijke rendement. Dit impliceert dat investeringsbeleid dat zich uitsluitend richt op volumegroei van R&D onvoldoende is om structurele TFP-stijging te realiseren.

Daarnaast is het essentieel te begrijpen waarom R&D niet altijd ‘landt’ in de economie. De productiviteitswinst van kennisinvesteringen wordt sterk beïnvloed door de aanwezigheid van ondersteunende randvoorwaarden. Twee clusters springen daarbij in het oog: de digitale en de fysieke infrastructuur.

Digitale randvoorwaarde

Een groot deel van de groeiliteratuur benadrukt dat R&D pas substantiële TFP-winsten oplevert wanneer het wordt gecombineerd met investeringen in ICT,

digitale infrastructuur en organisatie-innovatie. ICT fungeert als general purpose technology (Basu & Fernald, 2019): breed toepasbaar, maar pas productief wanneer bedrijven beschikken over de juiste vaardigheden, datanetwerken en management-structuren. Pieri, Vecchi en Venturini (2018) tonen voor veertien OESO-landen aan dat sectoren met hogere ICT-intensiteit aanzienlijk grotere productiviteitseffecten van R&D realiseren. Op bedrijfsniveau laten Mohnen, Polder en Van Leeuwen (2018) zien dat Nederlandse bedrijven die R&D combineren met ICT-investeringen én organisatie-innovatie een duidelijk hogere TFP-groei behalen. De complementariteit is daarbij multiplicatief: alleen wanneer alle drie de dimensies samen aanwezig zijn, komt het productiviteitseffect volledig tot uitdrukking. Recent OESO-onderzoek bevestigt dat digitale adoptie en infrastructuurkwaliteit structureel samenhangen met een hogere R&D-elasticiteit van TFP (OECD, 2023).

Fysieke randvoorwaarden

Naast de digitale infrastructuur vormt ook de fysieke infrastructuur — in het bijzonder het elektriciteits- en transportnet — een bepalende factor voor de productieve

benutting van kennis. De International Energy Agency (IEA, 2024) en recent economisch onderzoek wijzen erop dat netcongestie in Nederland een structurele rem zet op de implementatie van innovatieve technologieën en de groei van kennisintensieve bedrijvigheid. Door het tekort aan aansluitcapaciteit wachten bedrijven soms jaren op uitbreiding van hun netverbinding, waardoor R&D-gedreven productie, elektrificatie en investeringen in nieuwe technologie vertragen (Financial Times, 2025; Ministerie van Economische Zaken, 2025).

Dit probleem is niet uniek: ook in andere landen blijkt de kwaliteit van fysieke infrastructuur direct samen te hangen met productiviteit. Allcott, Collard-Wexler en O’Connell (2016) tonen voor India aan dat stroomschaarste productievolumes en schaalvoordelen aantast, terwijl de Wereldbank (2019) vergelijkbare effecten observeert in meerdere ontwikkelingslanden. In ontwikkelde economieën uit zich dat minder in uitval, maar in structurele congestie, wachttijden en beperkte uitbreidingsruimte. Het mechanisme blijft hetzelfde: technologische kennis kan niet worden omgezet in productieve

toepassingen als de fysieke voorwaarden — energie, transport, ruimte — het tempo van innovatie niet kunnen volgen.

Sterkere kennisabsorptie uit het buitenland
Empirische studies laten zien dat Nederland minder profiteert van buitenlandse kennis dan vergelijkbare open economieën. In de klassieke OESO-panelen van Coe et al. (1997, 1999) en Guellec & Van Pottelsberghe (2004) is de elasticiteit van buitenlandse R&D op TFP voor Nederland klein maar positief (ongeveer 0,06–0,08), terwijl landen als Finland, Zweden en Zwitserland waarden rond 0,18–0,22 laten zien. Soete, Verspagen & Ziesemer (2022) bevestigen dit in een specifiek model voor Nederland, met een buitenlandse R&D-elasticiteit van circa 0,07, en concluderen dat “het spillover-effect voor Nederland bescheiden is in vergelijking met andere kleine open economieën.”

De relatief beperkte absorptie van buitenlandse kennis betekent niet dat Nederland structureel op achterstand staat, maar dat er onbenut groeipotentieel ligt in de wijze waarop internationale kennisstromen worden benut. Verdere groei

kan dus niet alleen komen van hogere binnenlandse R&D-uitgaven, maar vooral van effectiever kennisgebruik. Analyse is nodig naar welke handels- en innovatielaties de grootste kennisspillovers genereren. Door strategische samenwerking met kennisfrontlanden – bijvoorbeeld in groene en digitale technologie – kan de kennisdoorwerking worden vergroot zonder dat de binnenlandse R&D-stock evenredig hoeft te groeien.

Beleidsimplicatie

De focus zou dus moeten verschuiven van *meer R&D* naar *beter renderende R&D*. Dat vraagt om investeringen in de randvoorwaarden die de absorptiecapaciteit en implementatiesnelheid van nieuwe kennis vergroten. Digitale infrastructuur, betrouwbaar netvermogen, menselijk kapitaal en organisatorische flexibiliteit zijn geen secundaire randvoorwaarden, maar integrale onderdelen van productiviteitsbeleid. Zonder die condities blijft de gemeten elasticiteit tussen R&D en TFP laag — ongeacht hoe verfijnd het econometrische model wordt.

Hoofdstema 3: De omvang van het investeringsgat

De voorgaande hoofdstema's 1 en 2 schetsen waarom hogere investeringen R&D essentieel zijn voor hogere economische groei. In dit hoofdstuk kwantificeren we die noodzaak door de omvang van het Nederlandse investeringsgat te bepalen. Op basis van econometrische analyses schatten we zowel het effect van R&D op productiviteitsgroei als het rendement van kapitaalinvesteringen, en vertalen we deze relaties naar de investeringsopgave tot en met 2035.

Resultaten: de schatting van het investeringsgat

Onze analyse laat zien dat Nederland in de periode 2026–2035 een aanvullend investeringsgat van ten minste € 187 miljard kent om de structurele bbp-groei te verhogen naar ongeveer 1,5% richting 2035. Dit bedrag bestaat uit circa € 87 miljard aan extra R&D-investeringen en € 100 miljard aan aanvullende kapitaalinvesteringen. Gezien de gevolgde schattingsmethode verwacht

TNO dat de resultaten waarschijnlijk een onderschatting zijn van het totale investeringsgat. De schatting kan daarom worden geïnterpreteerd als een “minimale investeringsopgave” voor Nederland.

In deze R&D investeringen is een bedrag van circa € 9 à € 11 miljard opgenomen om te voorkomen dat de R&D-intensiteit bij ongewijzigd beleid richting 2030 afneemt van 2,3 % naar circa 2 % van het bbp. TNO (2025a), “*De Nederlandse R&D-kloof groeit*” schat dat als gevolg van de bezuinigingen op publieke R&D-uitgaven de R&D-intensiteit zal dalen bij ongewijzigd beleid. Het basispad gaat ervan uit dat de R&D-intensiteit niet zal afnemen en op 2,3% blijft. Het basisscenario corrigeert dus niet voor enige krimp in bbp-groei die voort zou komen uit een daling van R&D-uitgaven. Daardoor vormt dit een “extra opgave” om er voor te zorgen dat de R&D-intensiteit niet daalt.

Tabel 5 is gebaseerd op een empirisch geschatte relatie tussen kapitaal en economische groei en de relatie tussen

R&D en productiviteit: een toename van het R&D-kapitaal met 1 % leidt op lange termijn tot circa 0,22% hogere totale factorproductiviteit. De economie past zich geleidelijk aan dit nieuwe evenwicht aan, waarbij na zeven jaar ongeveer de helft van het effect wordt gerealiseerd.

Elke extra euro bovenop het huidige R&D-niveau levert op de lange termijn gemiddeld € 2 tot € 3 aan extra economische baten op⁵. De eerste stappen zijn het meest rendabel: bij een groei van de R&D-stock van 1 naar 2 procent per jaar blijft de incrementele BCR rond 2,8–3,0, terwijl die bij een sterke opschaling van 4 naar 5 procent daalt richting 1,7–1,8. Hogere groeivoeten leveren dus afnemende meeropbrengsten op, omdat een steeds grotere kennisvoorraad ook meer onderhoud en vervanging vraagt. Elke extra euro aan kapitaalverdieping draagt tot 2050 voor circa € 1,4 bij aan de economische output⁶. Het totale investeringspakket, zelfs met de extra opgave om te voorkomen dat de R&D-intensiteit richting 2030 daalt, heeft een

baten-kostenverhouding van circa € 1,80 per euro tot en met 2050⁷.

⁵ Zie Methode en resultaten Kosten-batenanalyse R&D in hoofdstema 2.

⁶ Bij een discontovoet van 3%

⁷ Bij een discontovoet van 3%

Tabel 5. Schatting van het investeringsgat, in 2023 prijzen

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	Cumulatief 2026-2035
R&D investeringen (mln €)	5.000	6.450	6.805	7.485	7.650	7.925	8.440	8.540	9.065	9.590	76.950
Extra opgave bij huidige beleid											
laag (mln €)	533	1.296	1.751	2.549	3.144						9.273
hoog (mln €)	533	1.512	1.970	2.993	3.705						10.713
Kapitaal investeringen (mln €)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	100.000
Bbp groei baseline (%)	0,9	1,3	1,3	1,3	1,3	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
Bbp groei na investeringen (%)	1,0	1,4	1,5	1,6	1,7	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	
R&D-intensiteit na investeringen (% bbp)	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	

De effecten van het investeringspakket op de economische groei en het bbp-niveau zijn weergegeven in figuur 8 en 9. Figuur 8 laat zien dat de jaarlijkse reële bbp-groei in het basisscenario (blauwe lijn) rond 1,3 % blijft tot 2030 en daarna licht daalt richting 0,9 %. Met uitvoering van het investeringspakket (oranje lijn) versnelt de groei vanaf 2026 duidelijk. De groei stijgt in de tweede helft van het decennium naar circa 1,5 à 1,6 % per jaar, met een piek rond 2029, waarna de groei stabiliseert op

een hoger niveau van ongeveer 1,5 %. Door de extra R&D- en kapitaalinvesteringen wordt een hogere groei dan het basispad gerealiseerd waardoor de Nederlandse economie richting 2035 ongeveer 0,6 procentpunt harder groeit in het scenario met investeringspakket.

Figuur 9 toont het corresponderende bbp-niveau in miljarden euro's (prijzen van 2023). In het basisscenario stijgt het bbp naar ongeveer € 1.175 miljard in 2035,

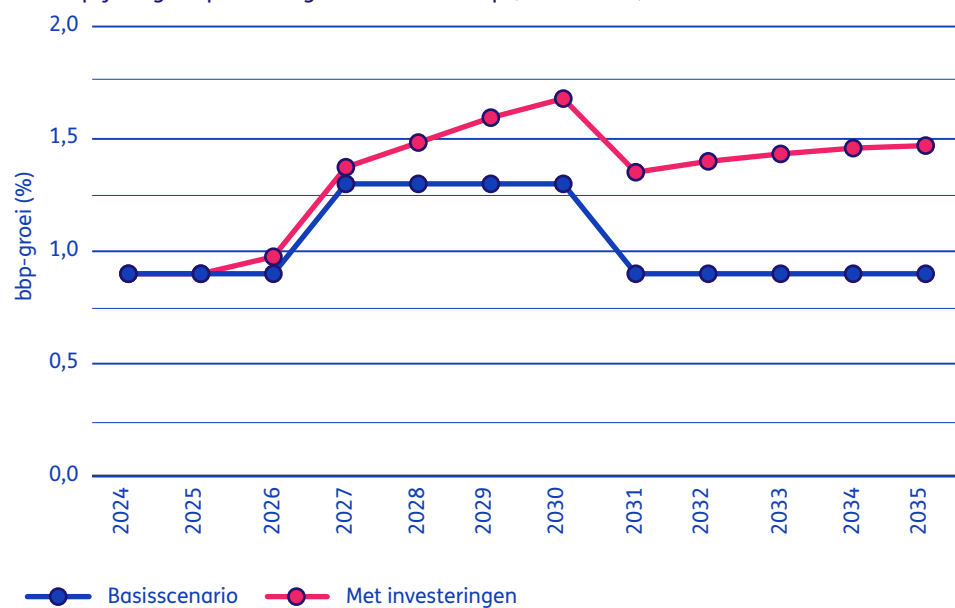
terwijl het met het investeringspakket oploopt tot ongeveer € 1.215 miljard. Dat betekent dat de Nederlandse economie in 2035 ongeveer € 40 miljard groter is dan in het basispad.

Gezamenlijk leveren de extra R&D- en kapitaalinvesteringen tot en met 2035 een totale bbp-opbrengst op van circa €170 miljard ten opzichte van het basisscenario. Het is daarbij belangrijk te benadrukken dat dit niet het volledige effect is. Omdat

nieuwe kennis en technologie pas geleidelijk doorwerken in productiviteit, lopen de baten na 2035 verder op. Over de lange termijn levert elke euro in het investeringspakket gemiddeld circa €1,8 aan extra bbp op. In 2036 stijgen bijvoorbeeld de jaarlijkse opbrengsten door naar meer dan €50 miljard, naarmate de opgebouwde kennisvoorraad gaat renderen.

Bbp-groei: Basisscenario en nieuw groeipad

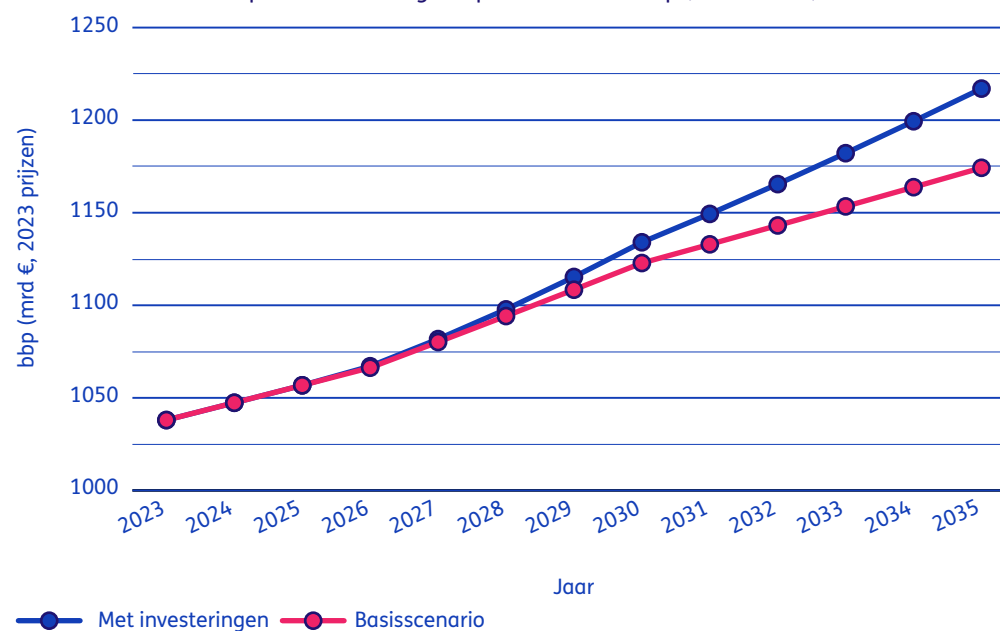
Jaar-op-jaar groeipercentage Nederlands bbp (2024-2035)



Figuur 8. reële bbp groei in procenten tot en met 2035 in een basisscenario en in een scenario met investeringspakket. Het basisscenario is gebaseerd op de middellange termijn ramingen van het CPB, waarbij we voor 2034 en 2035 de groei van 2033 hebben geëxtrapoleerd.

Bbp-ontwikkeling: Baseline versus nieuw groeipad

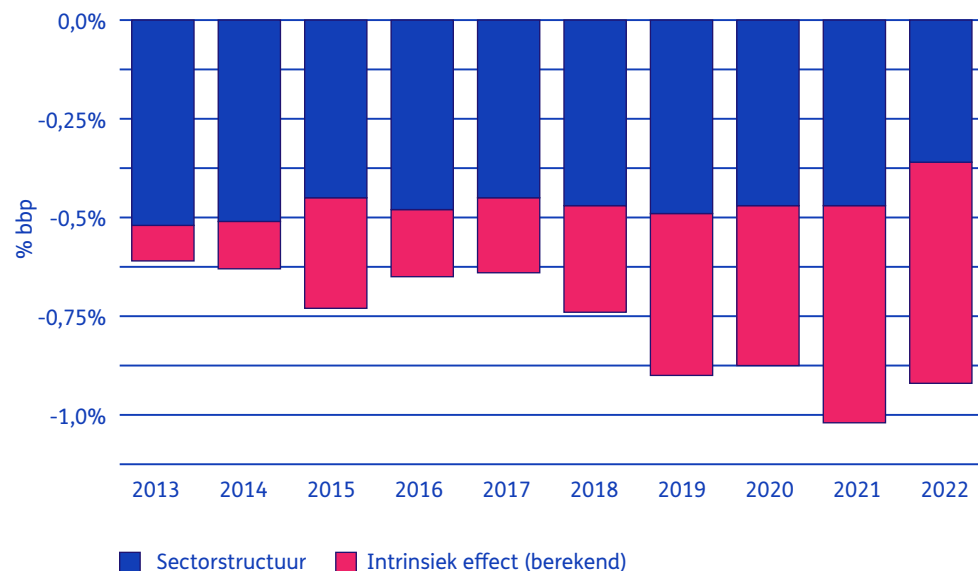
Effect van R&D- en kapitaalinvesterings op Nederlandse bbp (2023-2035)



Figuur 9. ontwikkeling van het bbp in miljarden in 2023 prijzen tot en met 2035, in een basisscenario en in een scenario met investeringspakket. Het basisscenario is gebaseerd op de middellange termijn ramingen van het CPB, waarbij we voor 2034 en 2035 de groei van 2033 hebben geëxtrapoleerd.

R&D-achterstand van Nederland

bedrijfs-R&D ten opzichte van de buitenlandse R&D-benchmark



Figuur 10. Sectorstructuur en intrinsieke private R&D-achterstand van Nederland, vergeleken met een buitenlandse benchmark van OESO-landen met bovengemiddelde R&D-intensiteit⁸. NB: Voor het jaar 2022 is er voor de benchmark slechts van een beperktere set (vijf) landen data beschikbaar, daardoor zijn de resultaten voor 2022 minder representatief voor de buitenlandse benchmark. Zie TNO Vector (2025c).

Verdeling tussen R&D- en kapitaal-investeringen

De verhouding tussen R&D- en kapitaal-investeringen is vastgesteld op basis van zowel het groeipotentieel als de realistische absorptiecapaciteit van de Nederlandse economie.

Voor de R&D-component is gekeken naar wat Nederland, gegeven de huidige kennis-basis, personele capaciteit en innovatie-infrastructuur, realistisch kan investeren in onderzoek en ontwikkeling. Daarbij sluiten we aan bij de beleidsdoelstelling uit het Actieplan 3%-R&D van het Ministerie van Economische Zaken, waarin wordt gestreefd naar een verhoging van de R&D-intensiteit naar circa 3% van het bbp. Dit wordt beschouwd als een ambitieuze maar haalbare bovengrens, mits publieke en private investeringen gezamenlijk toenemen.

Figuur 10, afkomstig uit TNO Vector (2025c), “Shift Share Analyse. Internationale Ontwikkelingen in Private R&D”, bevestigt het beeld dat een R&D-intensiteit van 3% in Nederland haalbaar lijkt. Dit figuur laat zien dat voor de jaren 2021 en 2022 ongeveer twee derde van de Nederlandse R&D-achterstand

in de private sector wordt verklaard door een lagere R&D-intensiteit binnen sectoren zelf, en slechts één derde door de relatief kennisarme sector-structuur van de economie. Dit betekent dat Nederlandse bedrijven, ook binnen dezelfde bedrijfstakken, structureel minder in R&D investeren dan hun buitenlandse tegenhangers. Er is daarmee nog aanzienlijke ruimte om de R&D-inspanningen te verhogen zonder dat de absorptiecapaciteit van de economie wordt overschreden. De figuur laat verder zien dat, wanneer alle Nederlandse sectoren even R&D-intensief zouden zijn als het gemiddelde van de internationale benchmark, de totale R&D-intensiteit van Nederland ongeveer 0,5 - 0,6 procentpunt van het bbp hoger zou liggen.

Omdat R&D een aanzienlijk hoger structureel rendement op productiviteit heeft dan fysieke kapitaalinvesteringen, is ervoor gekozen om de R&D-investeringen zo vroeg en omvangrijk mogelijk op te voeren, tot aan een R&D-intensiteit van 3% van het bbp. Het duurt daarnaast enige tijd voordat R&D-uitgaven zich vertalen in extra economische activiteit en bbp-groei: kennisontwikkeling, toepassing en diffusie

⁸ Dit zijn België, Denemarken, Duitsland, Finland, IJsland, Japan, Korea, Oostenrijk, Verenigd Koninkrijk, Verenigde Staten en Zweden

verlopen geleidelijk. Juist daarom geldt dat hoe eerder de investeringen plaatsvinden, hoe sneller deze investeringen zich uitbetalen.

Een eenmalige of tijdelijke verhoging van de R&D-uitgaven is echter onvoldoende om structurele productiviteitsgroei te realiseren. Het effect van R&D op de economie werkt via de opbouw van de kennisvoorraad, de R&D-stock, die jaarlijks ook weer deels afschrijft door technologische veroudering. Zonder voortdurende instroom aan nieuwe kennis neemt die voorraad geleidelijk af, waardoor de productiviteitswinst tijdelijk blijft. Alleen bij structurele, stabiele investeringen groeit de kennisvoorraad duurzaam en stijgt de productiviteit blijvend.

Dat betekent dat beleid gericht op incidentele impulsen of tijdelijke fondsen (zoals herstel- of transitiepakketten) vooral korte-termijneffecten heeft, terwijl de structurele baten pas ontstaan als R&D-investeringen meerjarig worden verankerd in het reguliere begrotings- en innovatiebeleid. Voor bedrijven en kennisinstellingen creëert dit bovendien de voorspelbaarheid die nodig is om langlopende onderzoeksprogramma's, talentontwikkeling en innovatie-samenwerkingen op te bouwen.

Daarnaast is het van belang dat deze inspanningen structureel worden volgehouden. De kennisvoorraad (R&D-kapitaal) deprecieert jaarlijks, door veroudering van technologie en kennis. Zonder voortdurende aanvulling neemt de totale Nederlandse kennisvoorraad af, waardoor de potentiële productiviteits-effecten van R&D-investeringen niet volledig tot wasdom komen.

De grenzen aan opschaling van R&D-investeringen

Het rendement van R&D-investeringen neemt af naarmate de groeivoet van de kennisvoorraad toeneemt. Dit afnemende rendement hangt direct samen met de onderhoudslast van de kennisvoorraad: naarmate de R&D-stock groter wordt, stijgt ook het bedrag dat jaarlijks nodig is om deze op peil te houden door de depreciatie van 15 % per jaar. Een structurele grens ontstaat zodra de groei van de kennisvoorraad structureel hoger ligt dan de groei van het bbp. Op dat moment nemen de onderhoudskosten van de kennisvoorraad sneller toe dan de economische opbrengsten die deze kennis genereert. Dit vraagt om een strategie waarin extra R&D-investeringen geleidelijk

worden opgeschaald, gecombineerd met maatregelen die het absorptievermogen van de economie vergroten, zodat kennisgroei ook daadwerkelijk in productiviteitsgroei wordt omgezet.

Methodologie

Methodologie om de relatie tussen kapitaal en bbp te schatten

Om de opbrengst van kapitaal te berekenen gebruiken we een CES (constant elasticity of substitution) productiefunctie. Deze wordt over het algemeen als realistischer beschouwd dan de Cobb Douglas productiefunctie, omdat de CES functie verschillende elasticiteiten van substitutie tussen kapitaal en arbeid toelaat in plaats van deze op 1 vast te zetten. De productiefunctie is als volgt:

$$Y_t = A_t [\alpha K_t^\rho + (1-\alpha) L_t^\rho]^{\frac{1}{\rho}}$$

Met Y_t het BBP in jaar t , A_t als TFP in jaar t , K_t als kapitaal in jaar t , L_t als arbeid in jaar t en de parameters α voor het aandeel van kapitaal en ρ voor de substitutie tussen arbeid en kapitaal. Voor de schatting gebruiken we een kapitaal-aandeel van $\alpha = 0,35$ en een substitutieparameter

van $\rho = -0,20$, dit is gebaseerd op eerdere empirische schattingen voor Nederland en de OESO-landen (zie o.a. Tinbergen, 1962; Klump, McAdam & Willman, 2007).

Om het rendement van kapitaal te berekenen gebruiken we de afgeleide van de CES productiefunctie voor kapitaal om het marginaal product van kapitaal (MPK) te krijgen. Dit geeft de verandering in het BBP voor een investering van een euro in kapitaal:

$$MPK_t = \frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = A_t [\alpha K_t^\rho + (1-\alpha) L_t^\rho]^{\frac{1}{\rho}-1} \cdot \alpha K_t^{\rho-1}$$

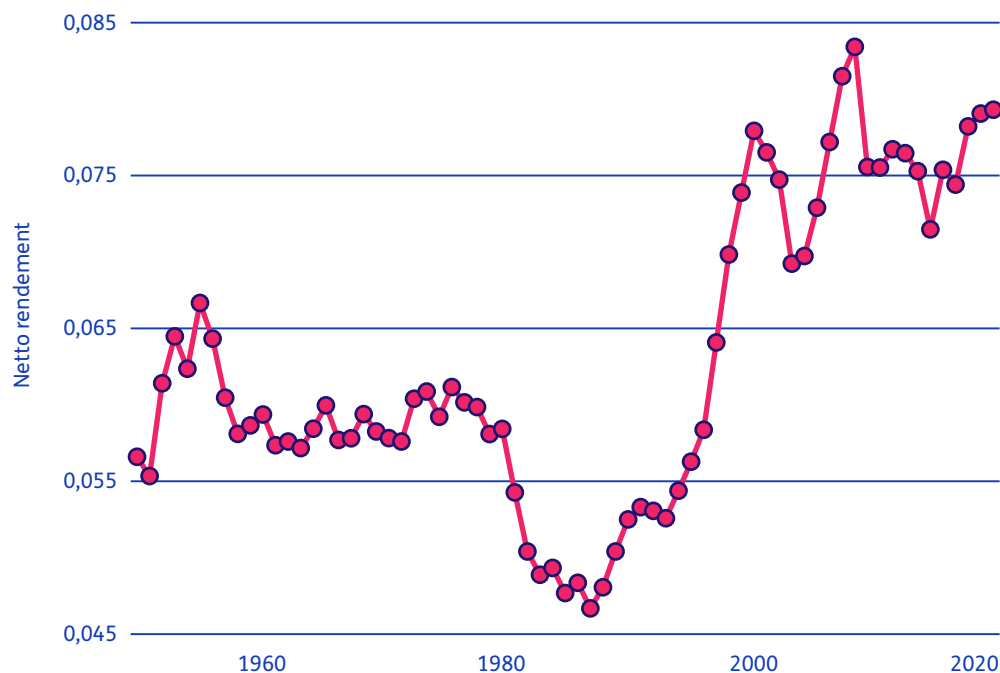
Dit rendement corrigeren we voor de depreciatie (afschrijving) van kapitaal, op basis van de inschatting van de Penn World Tables voor Nederland zetten we deze op $\delta = 0,04$ (Feenstra et al., 2015). Dan komen we op een netto rendement van kapitaal als volgt:

$$Netto\ rendement_t = MPK_t - \delta_t$$

We gebruiken de data van de Penn World Tables voor kapitaal, arbeid en TFP (Feenstra et al., 2015). Op basis daarvan krijgen we het netto rendement zoals weergegeven in onderstaande grafiek.

Deze varieert van 0,05 tot 0,08. Alhoewel dit laag is, is dit niet ongebruikelijk voor een geavanceerde economie. Het is ook goed te bedenken dat dit een gemiddelde is van alle soorten kapitaal (infrastructuur, machines, etc.) en investeringen in

bepaalde kapitaalsoorten hogere of lagere opbrengsten kunnen hebben. Voor de inschatting van het investeringsgat gebruiken we de laatst beschikbare data uit 2019, waarvoor we een netto rendement berekenen van 0,08.



Figuur 11. Netto rendement op kapitaal over de tijd (CES-schatting)

Methodologie om tot het investeringsgat te komen

In thema 2 hebben we de structurele relatie tussen R&D en TFP-groei gekwantificeerd (elasticiteit op de lange termijn $\sim 0,22$) en het rendement op kapitaalinvesteringen bepaald (netto MPK van 8%). Deze sectie beschrijft hoe we deze parameters hebben gebruikt om het concrete investeringsgat te berekenen: hoeveel aanvullende investeringen in R&D en kapitaal zijn nodig om de structurele bbp-groei te verhogen naar ongeveer 1,5% tot 2035?

Basisscenario bbp-ontwikkeling

De bbp-ontwikkeling in het basisscenario is gebaseerd op de meest recente middellangetermijnramingen van het Centraal Planbureau. Voor de periode 2026-2030 gebruiken we de groeiprojecties uit de Actualisatie Verkenning Middellange Termijn (CPB, 2025a), waarin een gemiddelde jaarlijkse groei van 1,3% wordt geraamd. Voor de periode 2031-2033 hanteren we de cijfers uit de Actualisatie Verkenning Middellange Termijn tot en met 2033 (CPB, 2025b), waarin de groei afvlakt naar 0,9% per jaar. Voor de jaren 2034 en 2035 extrapoleren we de groei van 2033 (0,9%),

omdat er voor deze periode nog geen officiële CPB-ramingen beschikbaar zijn.

Het basispad start bij een bbp van €1.038 miljard in 2023 (in prijzen van 2023) en volgt de volgende groeiprojecties:

- 2024-2026: 0,9% per jaar (CPB, 2025a)
- 2027-2030: 1,3% per jaar (CPB, 2025a)
- 2031-2033: 0,9% per jaar (CPB, 2025b)
- 2034-2035: 0,9% per jaar (geëxtrapoleerd)

Dit basisscenario weerspiegelt het groeipad zonder aanvullende investeringsimpulsen en vormt de basis waartegen de effecten van extra kapitaal- en R&D-investeringen worden afgezet. We veronderstellen in onze inschatting dus dat de CPB-groeiramingen zich materialiseren zonder grote schokken. Onverwachte economische ontwikkelingen kunnen het basispad en daarmee ook het nieuwe groeipad beïnvloeden.

R&D-voorraad in het basisscenario

In ons basisscenario gaan we uit van een constante R&D-intensiteit van 2,3% van het bbp, conform de huidige Nederlandse situatie (CBS, 2025). Dit is een belangrijk uitgangspunt: het betekent dat we er van uitgaan dat de R&D-investeringen in

het basispad meegroeien met het bbp, waardoor de R&D-voorraad (stock) op peil blijft.

De R&D-voorraad werkt in dit type model als een kapitaalvoorraad: nieuwe investeringen worden toegevoegd, maar bestaande kennis deprecieert (veroudert) over tijd. De binnenlandse R&D-stock start in 2023 op €152 miljard. Deze startwaarde is afgeleid uit de R&D-voorraad die in de econometrische analyse (sectie 3.3.1) is berekend op basis van de Penn World Tables en OECD-data. Daarbij hebben we de R&D-stock uit het laatste beschikbare datajaar 2019 eerst uitgedrukt als percentage van het bbp in dat jaar. Vervolgens hebben we hier de flow vanuit de R&D-investeringen in Nederland als percentage van het bbp bij opgeteld, en de afschrijving van 15% er van af gehaald. Op deze manier zijn we tot een R&D-stock in procenten van het bbp gekomen voor 2023. Vervolgens hebben we dit percentage geprojecteerd op het Nederlandse bbp in 2023 (€1.038 miljard) om de stock in 2023-prijzen te verkrijgen.

Vanaf deze startwaarde evolueert de R&D-stock volgens de perpetual inventory methode:

$$S_t^{RD} = (1-\delta)S_{t-1}^{RD} + I_t^{RD}$$

waarbij $\delta = 0,15$ de jaarlijkse kennis-depreciatie is en I_t^{RD} de jaarlijkse R&D-investeringen weergeeft.

Om de R&D-voorraad constant te houden, moeten de jaarlijkse investeringen minimaal de depreciatie compenseren (15% van de stock). Bij een constante R&D-intensiteit van 2,3% gebeurt dit automatisch.

Extra opgave: compensatie voor dalende R&D-investeringen bij huidig beleid

Naast de investeringen die nodig zijn om de groei te versnellen naar 1,5%, hebben we een extra opgave geïdentificeerd die voortkomt uit het feit dat bij ongewijzigd beleid de R&D-intensiteit dreigt te dalen.

Uit recente analyse van TNO (2025a) blijkt dat als gevolg van bezuinigingen op publieke R&D-uitgaven en achterblijvende groei in private R&D, de Nederlandse R&D-intensiteit bij ongewijzigd beleid zal

afnemen van 2,3% in 2025 naar circa 2,0% in 2030. Deze daling heeft directe gevolgen voor de R&D-voorraad. Als de absolute R&D-investeringen dalen, betekent dat er onvoldoende nieuwe kennis wordt toegevoegd om de depreciatie (15% per jaar) te compenseren. Hierdoor daalt de totale R&D-voorraad. Een krimpende R&D-voorraad leidt tot lagere productiviteits-groei, omdat er structureel minder kenniskapitaal beschikbaar is.

Omdat we in ons basisscenario de aanname hanteren dat de R&D-intensiteit gelijk blijft, vertegenwoordigt deze daling in R&D-intensiteit een extra opgave. Deze extra opgave van circa 9 tot 11 miljard, is het bedrag dat nodig is om te voorkomen dat de R&D-intensiteit krimpt tot onder de 2,3% bbp. Niet om deze te laten groeien. Deze extra opgave is dus nodig om uit te komen op de R&D-intensiteit van 2,3% bbp in het basisscenario.

Impact van extra R&D- en kapitaal investeringen

De vertaling van extra R&D-investeringen naar bbp-groei verloopt via een impulse response function (IRF), die is afgeleid uit de ECM-schatting beschreven in

sectie 3.3.1. Deze IRF beschrijft hoe een procentuele verhoging van de R&D-stock zich over tijd vertaalt in extra bbp-groei (in procentpunten).

$$\Delta g_{t+h}^{bbp} = IRF_h \times \left(\frac{(\Delta S_t^{RD})}{(\Delta S_t^{RD}, \text{basis})} \right) \times 100$$

waarbij IRF_h het IRF-gewicht voor lag h is en de term tussen haakjes de procentuele toename van de R&D-stock ten opzichte van het basisscenario weergeeft. We hebben voor het berekenen van de impact van R&D op economische groei, de IRF uit het basismodel gepakt en op de korte termijn het effect gelijk gezet aan nul. Dit is een aanname die we gedaan hebben vanwege de insignificantie van dit negatieve effect op de zeer korte termijn.

Zoals eerder in dit rapport beschreven bedraagt het geschatte marginale product van kapitaal (MPK) 8 procent op nettobasis. Dit betekent dat we er in ons nieuwe groeipad van uitgaan dat elke euro extra kapitaalinvestering jaarlijks €0,08 aan extra bbp genereert.

Sommeren tot een nieuw groeipad

In het gehanteerde model zijn de R&D- en kapitaaleffecten separaat gemodelleerd zonder interactietermen. Dit betekent dat het totale bbp-effect de som is van beide componenten. Deze benadering is conservatief. In de praktijk kunnen R&D en kapitaalinvesteringen elkaar versterken, bijvoorbeeld wanneer nieuwe kennis wordt geïmplementeerd in nieuwe machines. Deze synergie-effecten zijn echter niet meegenomen in de berekening.

Conclusie:

Dit rapport levert een indicatieve schatting van het investeringsgat dat Nederland moet dichten om de economische groei te versnellen. De analyse laat zien dat Nederland in de periode 2026–2035 een aanvullend investeringsgat kent van ten minste € 187 miljard om de bbp-groei te verhogen naar ongeveer 1,5% in 2035. Daarvan betreft ongeveer € 87 miljard R&D-investeringen en € 100 miljard kapitaalinvesteringen.

De gevonden relatie tussen R&D en TFP ligt in lijn met wat vergelijkbare studies in de empirische literatuur vinden. De gepresenteerde uitkomsten zijn echter géén exacte voorspelling van wat er gebeurt als Nederland 87 miljard extra in R&D investeert. Het is met een semi-endogeen groeimodel niet mogelijk om de causale relatie tussen R&D en productiviteit volledig te isoleren. Daarmee zijn onze resultaten waarschijnlijk een onderschatting van het totale investeringsgat. De schatting kan daarom worden geïnterpreteerd als een “minimale investeringsopgave” voor Nederland.

In deze R&D investeringen is een bedrag van circa € 9 miljard à € 11 miljard opgenomen om te voorkomen dat de R&D-intensiteit bij ongewijzigd beleid richting 2030 afneemt van 2,3 % naar circa 2 % van het bbp. TNO (2025a), “*De Nederlandse R&D-kloof groeit*” schat dat als gevolg van de bezuinigingen op publieke R&D-uitgaven de R&D-intensiteit zal dalen bij ongewijzigd beleid.

Hoe deze inschatting te interpreteren

De inschatting van het investeringsgat is: een wetenschappelijk onderbouwd oriëntatiepunt van de orde grootte van investeringen die nodig zijn om de productiviteitsgroei structureel te verhogen. De schatting uit hoofdstuk 3 geeft een orde grootte van de uitdaging aan waar we voor staan. Hoofdstuk 2 geeft inzicht in wat er op het spel staat voor Nederland bij het uitblijven van actie.

Er zijn meerdere redenen om aan te nemen dat onze schatting een ondergrens vormt van het werkelijke investeringsgat.

Een belangrijke kanttekening is dat de schattingen zijn gebaseerd op gemiddelde relaties over een langere periode. Ons model veronderstelt, in lijn met de semi-endogene groeiliteratuur, dat R&D inspanningen steeds minder productieve kennis opleveren. Recente studies, zoals Bloom et al. (2020), laten echter zien dat deze kennisproductiviteit

in de tijd sterk is afgenomen. De geschatte elasticiteit uit onze schattingen weerspiegelt dus een historisch gemiddelde, terwijl de rendementen over de tijd heen waarschijnlijk juist zijn gedaald. Omdat we de effecten over de gehele periode schatten, vangen we die afnemende meeropbrengsten niet volledig.

Ten tweede kunnen we door endogeniteit de causale relatie tussen R&D en productiviteit niet volledig isoleren. Er kan namelijk ook sprake zijn van omgekeerde causaliteit: productievere economieën investeren vaak méér in R&D. Dat doen ze niet alleen om verdere productiviteitsgroei te realiseren, maar ook om maatschappelijke uitdagingen aan te pakken die bijdragen aan brede welvaart, maar zich niet direct vertalen in economische maatstaven.

Ten derde beschrijft de geschatte elasticiteit een gemiddeld, marginaal effect. Bij een substantiële toename van kenniskapitaal door een verhoging in R&D-uitgaven, is onzeker in welke

mate deze relatie standhoudt; de eerste incrementele verhogingen kunnen relatief hoge opbrengsten genereren, terwijl de meeropbrengsten bij grotere investeringssprongen af kunnen nemen.

Tot slot benadrukken we met klem dat de geschatte noodzakelijke omvang van kapitaal- en R&D-investeringen niet in isolatie kan worden gezien. Kapitaal- en R&D-investeringen zijn noodzakelijke, maar niet voldoende voorwaarden voor productiviteitsgroei. Zoals beschreven in hoofdstuk 2, zijn aanvullende beleidsmaatregelen en randvoorwaarden essentieel om de productiviteit van deze investeringen

daadwerkelijk te realiseren en te verhogen. Zonder complementaire hervormingen op het gebied van regelgeving, onderwijs, arbeidsmarkt, kapitaalmarkten en innovatie-ecosystemen, zullen investeringen niet hun volledige potentieel bereiken. Ook randvoorwaardelijke knelpunten zoals netcongestie, hoge energietarieven en (de omgang met) schaarse ruimte vragen om oplossingen, wil Nederland ten volle kunnen profiteren van de benodigde extra investeringen in kapitaal en R&D. De schattingen moeten daarom worden gezien als onderdeel van een breder samenhangend pakket aan maatregelen.

Handelingsperspectief

Ondanks de inherente onzekerheden biedt deze analyse een uitgangspunt voor beleid. De boodschap is helder: als de productiviteitsgroei structureel verhoogd moet worden naar een niveau dat de gewenste economische groei mogelijk maakt, dan is een breed pakket aan maatregelen, waar substantiële verhoging van R&D-investeringen deel van uitmaakt, onvermijdelijk. De gepresenteerde schatting geeft een minimale inschatting van het aandeel aan R&D-investeringen in deze investeringsopgave.

Het dichten van het investeringsgat moet worden gezien als onderdeel van een breder samenhangend beleidspakket. Zonder gelijktijdige verbeteringen in het vestigings-, ondernemings- en vernieuwingsklimaat zullen extra R&D-

investeringen niet hun volledige potentieel bereiken. De analyse in dit rapport legt dus de basis voor de vervolganalyses, waarin respectievelijk de technologische prioriteiten en de noodzakelijke randvoorwaarden worden uitgewerkt.

Tot slot: de onzekerheden rond onze schatting zijn aanzienlijk. Maar deze onzekerheid moet geen reden zijn voor het niet nemen of uitstellen van actie. Integendeel: gegeven dat we met onze uitkomsten waarschijnlijk aan de onderkant zitten van het werkelijke investeringsgat, en gegeven de structurele uitdagingen waarvoor Nederland staat, is de urgentie om nú te investeren in innovatie en productiviteitsgroei alleen maar groter. Investeringen leiden immers met enige vertraging tot rendement. Uitstellen van actie is ook om die reden onverstandig.

Referenties

- Acemoglu, D., Aghion, P., & Zilibotti, F. (2006). Distance to frontier, selection, and economic growth. *Journal of the European Economic Association*, 4(1), 37-74.
- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L., & Hemous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102(1), 131-166.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory*. MIT Press.
- Allcott, H., Collard-Wexler, A., & O'Connell, S. D. (2016). How Do Electricity Shortages Affect Productivity? Evidence from India. *American Economic Review*, 106(3), 587-624.
- Atlas of Economic Complexity. (z.d.). Atlas of Economic Complexity. Harvard Growth Lab. <https://atlas.cid.harvard.edu/>
- Baarsma (2025). Grotere publieke sector vertekent productiviteitsvergelijking met VS. ESB, 110(4843), 107-109.
- Barro, R. J., & Lee, J. W. (2013). A new dataset of educational attainment in the world, 1950-2010. *Journal of Development Economics*, 104, 184-198.
- Basu, S., & Fernald, J. (2019). Information and communications technology as a general-purpose technology: Evidence from US industry data. *German Economic Review*.
- Benhabib, J., & Spiegel, M. M. (2005). Human capital and technology diffusion. In P. Aghion & S. Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (Vol. 1A, pp. 935-966). Elsevier.
- Cameron, G., Proudman, J., & Redding, S. (2005). Technological convergence, R&D, trade and productivity growth. *European Economic Review*, 49(3), 775-807.
- CBS (2024). Achtergrond bij de daling van de arbeidsproductiviteitsgroei van Nederland. Den Haag/Heerlen, Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Centraal Bureau voor de Statistiek. (2025). Research en development; kerncijfers per sector van uitvoering [Dataset]. CBS StatLine. Geraadpleegd op 31 oktober 2025, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/84644NED>
- Coe, D. T., & Helpman, E. (1995). International R&D spillovers. *European Economic Review*, 39(5), 859-887. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(94\)00100-E](https://doi.org/10.1016/0014-2921(94)00100-E)
- Coe, D. T., Helpman, E., & Hoffmaister, A. W. (1997). North-South R&D spillovers. *The Economic Journal*, 107(440), 134-149.
- Coe, D. T., & Hoffmaister, A. W. (1999). Are there international R&D spillovers among randomly matched trade partners? IMF Working Paper WP/99/18.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: The two faces of R&D. *Economic Journal*, 99(397), 569-596.
- CPB (2024). Krappe arbeidsmarkt vraagt om keuzes. Beschouwing bij het Centraal Economisch Plan 2024. Den Haag, Centraal Planbureau.
- CPB. (2025a). Actualisatie verkenning middellange termijn tot en met 2030 (juli 2025). Den Haag: Centraal Planbureau.
- CPB. (2025b). Actualisatie verkenning middellange termijn tot en met 2033 (februari 2025). Den Haag: Centraal Planbureau.
- CPB en CBS (2025). National Productivity Board 2024 annual report. Den Haag, Centraal Planbureau.
- CPB en PBL (2025). Toekomstverkenning WLO 2025. Cahier Economie. Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Dekker (2023). Kwalitatief perspectief op onbenut arbeidspotentieel kan welvaart verhogen. ESB, 108(4826), 480-483.
- Denkwijk (2025). Kiezen én delen. Werken en investeren voor morgen met een contract voor de toekomst.
- DNB (2025). Koploper of hekkensluis? De Nederlandse arbeidsproductiviteitsgroei in internationaal en sectoraal perspectief. Amsterdam, De Nederlandsche Bank, april 2025.
- Draghi, M. (2024). The future of European competitiveness. A competitiveness strategy for Europe.
- Engelbrecht, H. J. (1997). International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD economies: An empirical investigation. *European Economic Review*, 41(8), 1479-1488.
- Erken (2024). Lage groei productiviteit mede door ongunstige structuur economie. ESB, 109(4837S), 16-20.

- Erken, H., Donselaar, P., & Thurik, R. (2008). Total factor productivity and the role of entrepreneurship. Jena Economic Research Papers, 2008-019. Friedrich Schiller University Jena & Max Planck Institute of Economics.
- Erken, H., van Harn, M., & Van Es, F. (2021). Nederland investeert structureel minder in R&D dan andere kenniseconomieën en dat kost groei. RaboResearch, Rabobank.
- Fernald, Inklaar & Ruzic (2023). The productivity slowdown in advanced economies: Common shocks or common trends?. Working Paper 2023-07, Federal Reserve Bank of San Francisco.
- FD (2025). Kabinetsadviseur Wennink maant partijen tot snelle economische hervormingen. Het Financieel Dagblad, 31 oktober 2025.
- Feenstra, R. C., et al. (2015). The next generation of the Penn World Table. American Economic Review, 105(10), 3150–3182.
- Financial Times. (2025). Netherlands rations electricity to ease power grid stresses.
- Florax, R. J. G. M., De Groot, H. L. F., & Heijungs, R. (2002). The empirical economic growth literature as a fractal structure. Tinbergen Institute Discussion Paper TI 2002-040/3.
- Frisch, R., & Waugh, F. V. (1933). Partial time regressions as compared with individual trends. Econometrica, 1(4), 387–401. <https://doi.org/10.2307/1907330>
- Geurts, A., Van Bree, T., Bolhuis, W., & De Heide, M. (2024). Innovatiebeleid voor de toekomst – Hoe we Nederland op een ander groeipad krijgen. Den Haag, TNO Vector.
- Griffith, R., Redding, S., & Van Reenen, J. (2004). Mapping the two faces of R&D: Productivity growth in a panel of OECD industries. Review of Economics and Statistics, 86(4), 883–895.
- Guellec, D., & van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2001). R&D and productivity growth: Panel data analysis of 16 OECD countries. OECD Economic Studies, 33, 103–126.
- Guellec, D., & van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2004). From R&D to productivity growth: Do the institutional settings and the source of funds matter? Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 66(3), 353–378.
- Hall, B. H., Mairesse, J., & Mohnen, P. (2010). Measuring the returns to R&D. In B. H. Hall & N. Rosenberg (Eds.), Handbook of the Economics of Innovation (Vol. 2, pp. 1033–1082). Elsevier.
- International Energy Agency (IEA). (2024). Energy Policy Review: The Netherlands 2024. Paris: OECD/IEA.
- Khan, M., & Luintel, K. B. (2006). Sources of knowledge and productivity: How robust is the relationship? OECD Science, Technology and Industry Working Papers, No. 2006/6.
- Klump, R., McAdam, P., and A. Willman (2007). Factor substitution and factor-augmenting technical progress in the United States: A normalized supply-side system approach. Review of Economics and Statistics 89, 183–192.
- Lewbel, A. (2012). Using heteroskedasticity to identify and estimate mismeasured and endogenous regressor models. Journal of Business & Economic Statistics, 30(1), 67–80.
- Lovell, M. C. (1963). Seasonal adjustment of economic time series and multiple regression analysis. Journal of the American Statistical Association, 58(304), 993–1010.
- Minister van Economische Zaken. (2025a). Aanstelling en opdracht Adviseur versterking investeringsklimaat en verdienvermogen (DGBI/100668792). Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 2024–2025, 29 826, nr. 214.
- Ministerie van Economische Zaken (2025b). De productiviteitsagenda.
- Minister van Economische Zaken. (2025c). Kamerbrief: 3e RD-actieplan. Rijksoverheid.
- Mohnen, P., Polder, M., & van Leeuwen, G. (2018). ICT, R&D and productivity. Review of Income and Wealth, 64(1), 83–108.
- OECD (2021). Incentives for SMEs to Invest in Skills. Paris, OECD Publishing.

- OECD (2021). New evidence on intangibles, diffusion and productivity. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2021/10. Paris, OECD Publishing.
- OECD (2023). Digitalisation and Productivity: Evidence from Firm-Level Data. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2023). OECD Economic Surveys: Netherlands 2023. OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2023). OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023. OECD Publishing.
- OECD (2025a). OECD Economic Surveys: Netherlands 2025. OECD Publishing, Paris.
- OECD (2025b). Reforms to strengthen investment and innovation are needed to enhance the Netherlands' growth and international competitiveness. OECD Press Release, juli 2025.
- PBL en CBS (2022). Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2022-2050: Steden en randgemeenten groeien verder. Planbureau voor de Leefomgeving en Centraal Planbureau, Den Haag.
- Penn World Table (PWT). (2021). PWT version 10.0. Groningen Growth and Development Centre.
- Pieri, F., Vecchi, M., & Venturini, F. (2018). Modelling the joint impact of R&D and ICT on productivity: A frontier analysis approach. *Research Policy*, 47(9), 1842–1852.
- Roelandt, T., Akkermans, M., Polder, M., & Van der Wiel, H. (2019). De mondiale productiviteitspuzzel voor Nederland. *ESB*, 104(4778), 468–471.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71–S102. <https://doi.org/10.1086/261725>
- SER (2025). Samenwerken voor arbeidsproductiviteitsgroei. Den Haag, Sociaal-Economische Raad, Briefadvies 25/04.
- Soete, L. L. G., Verspagen, B., & Ziesemer, T. H. W. (2020). The productivity effect of public R&D in the Netherlands. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(1), 31–47.
- Soete, L. L. G., Verspagen, B., & Ziesemer, T. H. W. (2022). Economic impact of public R&D: An international perspective. *Industrial and Corporate Change*, 31(1), 1–18.
- Syverson, C. (2011). What determines productivity? *Journal of Economic Literature*, 49(2), 326–365. <https://doi.org/10.1257/jel.49.2.326>
- Tinbergen, J. (1962). *Shaping the world economy: Suggestions for an international economic policy*. New York: Twentieth Century Fund.
- TNO (2025a). De Nederlandse R&D kloof groeit. Den Haag, TNO rapport 2025 R11255/A.
- TNO (2025b). Nederlandse R&D-investeringen naar 3% van het bbp in 2030. Handelingsperspectief voor het Ministerie van Economische Zaken. Syntheserapport en bijlagen – factsheets. Den Haag, TNO (nog te verschijnen).
- TNO (2025c). Versnellen van innovatie in het MKB is urgent. Essay van TNO CEO Tjark Tjin-A-Tsoi in het Jaarbericht Staat van het MKB 2025 (te verschijnen 2025).
- TNO Vector (2024a). R&D Top 30 in een breder perspectief. Den Haag, TNO rapport 2024 R12325.
- TNO Vector (2024b). The Netherlands loses economic ground in R&D. Vector by TNO, 18 juni 2024. Beschikbaar via: <https://vector.tno.nl/en/articles/netherlands-loses-economic-ground-r-d>
- TNO Vector (2024c). Grip op control points. Een verkenning van de literatuur. TNO 2024 R11817.
- TNO Vector (2024d). Synthese landenstudie 3% R&D-doelstelling. TNO-rapport 2024 R11383.
- TNO Vector (2025a). Arbeidsproductiviteit vitaal voor verdienvermogen – oplossingen voor achterblijvende groei. Den Haag, TNO rapport 2024 R12516.
- TNO Vector (2025b). Het Nederlandse concurrentievermogen in het licht van het Draghi-rapport. Den Haag, TNO-rapport 2025 R10842.
- TNO Vector (2025c). Shift-share analyse. Internationale ontwikkelingen in private R&D. Den Haag, TNO-rapport 2025 R11129.

- Van Ark, B., & De Vries, G. (2021). Bevorder economisch herstel via inclusieve productiviteitsagenda. ESB, 106(4799), 318-321.
- Van Bree, T., Vierhout, J., & Geuskens, G. (2025). Arbeidsproductiviteitsgroei als sleutel voor brede welvaart. MeJudice, 17 februari 2025.
- Van Elk, R., Ter Weel, B., Van der Wiel, K., & Wouterse, B. (2019). Estimating the returns to public R&D investments: Evidence from production function models. *De Economist*, 167(1), 45–87. <https://doi.org/10.1007/s10645-019-09331-3>
- Van Kempen, J., De Heide, M., & Jorna, C. (2025). Nederlandse R&D steeds sterker geconcentreerd bij enkele bedrijven. ESB. <https://esb.nu/nederlandse-rd-steeds-sterker-geconcentreerd-bij-enkele-bedrijven/>
- Van Kempen, J., Van Oosteren, C., & Van Bree, T. (2025). Consistent innovatiebeleid leidt tot meer private R&D. ESB, 110(4843), 118-121.
- Verspagen, B. (1991). A new empirical approach to catching up or falling behind. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2(2), 359-380.
- Verspagen, B. (1993). Uneven growth between interdependent economies: An evolutionary view on technology gaps, trade and growth. Aldershot: Avebury.
- World Bank. (2019). Global Economic Prospects 2019: Heightened Tensions, Subdued Investment. World Bank.
- Ziesemer, T. H. W. (2024). Public R&D and growth: A dynamic panel vector-error-correction model analysis for 14 OECD countries. *Economies*, 12(8), 216. <https://doi.org/10.3390/economies12080216>
- Ziesemer, T. H. W. (2025). A Data Set for Domestic and Foreign, Private and Public R&D Stocks and Labour-Augmenting Technical Change for 44 Rich or Emerging Economies with Explorations on Growth Rate Slowdown, and Con- or Divergence. UNU-MERIT Working Paper 2025-018.

Appendix A – Variabelendefinities en constructie

Productiefunctie en TFP (A)

Voor alle landen wordt een CES-productiefunctie gebruikt met een kapitaal-aandeel $\alpha = 0,35$ en een substitutieparameter $\rho = -0,2$. De keuze voor $\rho = -0,2$ is gebaseerd op empirische schattingen voor Nederland en vergelijkbare OESO-landen (zie o.a. Tinbergen, 1962; Klump, McAdam & Willman, 2007).

De bijbehorende elasticiteit van substitutie (σ) wordt gegeven door:

$$\sigma = \frac{1}{1-\rho}$$

Bij $\rho = -0,2$ geldt dus $\sigma = 1 / (1 - (-0,2)) = 1 / 1,2 \approx 0,83$.

Een waarde kleiner dan 1 betekent dat arbeid en kapitaal slechts beperkt substitueerbaar zijn: een daling van arbeid kan maar gedeeltelijk worden opgevangen door meer kapitaal (of omgekeerd). Deze beperkte substitutiemogelijkheid sluit aan bij empirische schattingen voor Nederland en andere OESO-landen, waar de factorverhoudingen in de tijd relatief stabiel blijven (Tinbergen, 1962;

Klump, McAdam & Willman, 2007). Een lagere σ versterkt bovendien het effect van technologische vooruitgang op TFP, omdat productiegroei dan in grotere mate afhankelijk is van kennis en efficiëntieverbetering in plaats van van aanpassingen in de kapitaal-arbeidsverhouding.

Voor gegeven Y, K en L wordt TFP afgeleid als residu:

$$A_t = \frac{Y_t}{[\alpha K_t^\rho + (1-\alpha)L_t^\rho]^{\frac{1}{\rho}}}$$

De arbeidsinput wordt berekend als het product van drie componenten;

$$L_t = EMP_t * AVH_t * HC_t$$

waarbij:
EMP = totaal aantal werkenden,
AVH = gemiddeld aantal gewerkte uren per werkende,
HC = index van menselijk kapitaal (PWT), gebaseerd op gemiddeld opleidingsniveau en rendement op onderwijs.

Zo wordt zowel de kwantiteit (werkgelegenheid en uren) als de kwaliteit

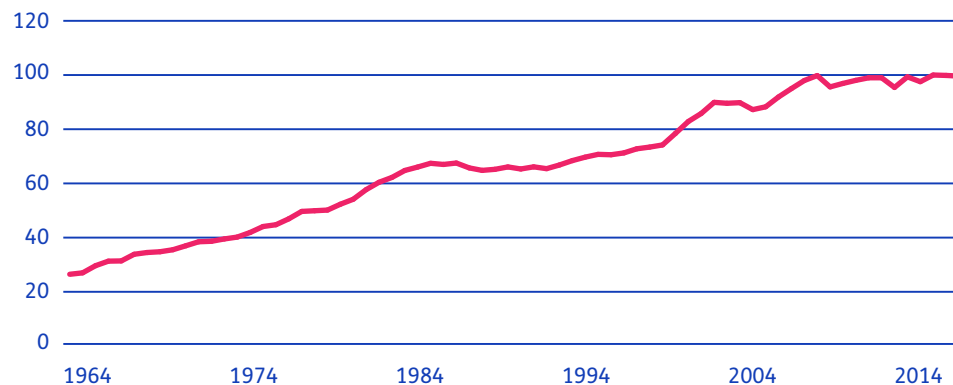
(onderwijsniveau) van arbeid in één samengestelde maat meegenomen.

TFP wordt logaritmes gebruikt; TFP is genormaliseerd (NL: 2017 = 100) en daarna gelogd. Data zijn afkomstig uit de Penn World Tables (PWT).

De Figuur A1, waarin TFP is geïndexeerd op 2017, illustreert deze langzame maar gestage opbouw van productiviteit in Nederland. De reeks laat zien dat de structurele TFP-groei sinds het begin van de jaren 2000 achterblijft bij de intensivering van R&D-uitgaven, maar dat

de trend consistent positief blijft. Deze vertraging is ook zichtbaar in internationale vergelijkingen: de OECD Productivity Database en de CPB Macro Economische Verkenningen tonen een vergelijkbaar patroon waarin de Nederlandse productiviteit sinds de financiële crisis van 2008 een periode van stagnatie kent, gevolgd door een herstel dat samenvalt met de toename van R&D-investeringen. In dat licht vormt de ogenschijnlijk vlakke TFP-ontwikkeling geen teken van structurele zwakte, maar een weerspiegeling van het trage diffusieproces dat kenmerkend is voor mature innovatiesystemen.

TFP - CES



Figuur A1. Nederlandse TFP (2017 = 100), berekend op basis van een CES-productiefunctie

Distance to Frontier (SGAP)

De cumulatieve afstand tot de technologische frontiers (CUMGAP) meet het opgehoopte catch-up-potentieel van Nederland ten opzichte van de mondiale technologieleider (meestal de VS). Waar de *instantane* afstand

$$GAP_t = \ln(A_{frontier,t}) - \ln(A_{NL,t})$$

Een hogere GAP betekent dat Nederland verder onder de frontier ligt, en dus meer catch-up-potentieel heeft.

De actuele productiviteitskloof in een bepaald jaar weergeeft, beschrijft SGAP hoe deze achterstand zich door de tijd heeft opgebouwd.

De variabele wordt geconstrueerd als een gedeprimeerde stock van de jaarlijkse GAP-waarden, analoog aan de manier waarop R&D-kapitaalvoorraden worden berekend.

Cumulatieve kloof (stock):

$$SGAP_t = (1 - \delta)SGAP_t + GAP_t$$

met een jaarlijkse afschrijvingsvoet van $\delta = 0,25$ (oftewel 25%).

SGAP is een gedeprimeerde voorraad van historische achterstanden: oudere gaps tellen minder zwaar, recente verschillen wegen zwaarder. Het cumulatieve karakter volgt uit kennisdiffusie met inertie: afstand creëert potentieel, absorptie kost tijd.

Deze depreciatie weerspiegelt het feit dat oudere technologische achterstanden geleidelijk aan betekenis verliezen, omdat een deel van de kennisdiffusie en convergentie over tijd wordt ingehaald. Een hogere waarde van SGAP impliceert dat Nederland langdurig verder onder de frontier heeft gelegen, waardoor het structureel meer inhaalpotentieel heeft opgebouwd.

Het cumulatief opbouwen van de GAP volgt uit de gedachte van kennisdiffusie met inertie (Griffith, Redding & Van Reenen, 2004; Coe & Helpman, 1995): technologische achterstand creëert

potentieel voor catch-up, maar kennisabsorptie vergt tijd en R&D-inspanning. Historische achterstanden dragen daardoor nog steeds bij aan huidig groeipotentieel zolang ze niet volledig zijn ingehaald, waardoor de relevante variabele geen momentopname van de kloof is, maar de geaccumuleerde technologische afstand die via leerprocessen en internationale spillovers geleidelijk wordt afgebouwd. Soete, Verspagen & Ziesemer (2020) en Erken & Van Es (2024) hanteren een vergelijkbare benadering: zij modelleren de diffusie van buitenlandse kennis via een lagged stock van R&D of patentintensiteit die over tijd de productiviteit beïnvloedt. Deze cumulatieve vorm legt vast dat langdurige achterstand niet alleen een symptoom is van lagere TFP, maar ook een bron van toekomstig groeipotentieel via imitatie en absorptie.

Binnenlandse R&D Stock (RD)

Aggregaat. $RD = RD_{publiek} + RD_{privaat}$. We gebruiken kennisvoorraden (stocks), niet uitgavenflows, en nemen natuurlijke logaritmes van deze voorraden.

Constructie. De kennisvoorraad wordt opgebouwd met de Perpetual Inventory Method (PIM): $S_t = (1 - \delta) S_{t-1} + R_t$, met $\delta = 0,15$. Deze afschrijvingsfactor wordt veel gebruikt in de literatuur (zie Soete, Verspagen & Ziesemer, 2020).

Startwaarde. De beginvoorraad wordt geschat als $S_0 = R_0 / (\delta + g_R)$, waarbij g_R de gemiddelde groeivoet van R&D-uitgaven in de eerste jaren is.

Publiek vs. privaat. $RD_{privaat}$ omvat bedrijfsuitgaven (BERD), $RD_{publiek}$ is totale nationale R&D minus BERD, voornamelijk hoger onderwijs en publieke labs. Beide worden naar constante prijzen geconverteerd.

Buitenlandse R&D Stock (F_RD)

De buitenlandse R&D-voorraad wordt geconstrueerd volgens dezelfde perpetual inventory-methode als de binnenlandse R&D-stocks, met een jaarlijkse depreciatie van $\delta = 0,15$:

$$A_t = \frac{Y_t}{[\alpha K_t^\rho + (1-\alpha)L_t^\rho]^{\frac{1}{\rho}}}$$

R_t is de gewogen som is van R&D-uitgaven in andere landen:

$$R^*_t = \sum_{i \neq NL}^n W_{i,t} R_{i,t}$$

met

$$W_{i,t} = \frac{handel_{i,t}}{\sum_{j \neq NL}^n handel_{j,t}}$$

De weging is gebaseerd op de handelsintensiteit tussen Nederland en andere landen (import). Deze methode volgt de benadering van Coe & Helpman (1995), Khan & Luintel (2006) en Soete, Verspagen & Ziesemer (2020), waarin kennisdiffusie proportioneel verloopt met handelsrelaties.

De onderliggende bilaterale handelsstromen zijn afkomstig uit de Atlas of Economic Complexity van Harvard. Voor de buitenlandse R&D-uitgaven maken we gebruik van de internationale dataset: Thomas Ziesemer (2025), A Data Set for Domestic and Foreign, Private and Public R&D Stocks and Labour-Augmenting Technical Change for 44 Rich or Emerging Economies with Explorations on Growth

Rate Slowdown, and Con- or Divergence, UNU-MERIT Working Paper 2025-018.

De resulterende buitenlandse R&D-voorraad wordt eveneens gebruikt in natuurlijke logaritmen ($\ln S^*$).

Omdat binnenlandse en buitenlandse R&D sterk samenhangen — zeker in open economieën met intensieve handels- en kennisstromen — is de buitenlandse R&D-variabele georthogonaliseerd ten opzichte van binnenlandse R&D en de trend. Zo blijft F_RD uitsluitend de exogene, internationale kenniscomponent weerspiegelen die niet samenvalt met binnenlandse investeringen. Deze correctie, gebruikelijk in de literatuur over kennispillovers (Griffith et al., 2004; Luintel & Khan, 2009; Coe et al., 2009), vermindert weliswaar de variantie en dus de verklaarde kracht van Foreign R&D, maar voorkomt endogeniteit tussen binnenlandse en buitenlandse kennisstromen.

In open economieën bewegen beide vaak samen door mondiale innovatieschokken en handelscycli, waardoor F_RD zonder correctie deels het binnenlandse R&D-effect zou meedragen. Omdat het doel van deze analyse is om het structurele

rendement van binnenlandse R&D zuiver te identificeren, weegt de winst aan exogeniteit zwaarder dan het mogelijke verlies aan verklaringskracht van de buitenlandse R&D-term.

Conjunctuur (GDP_CYCLE)

De variabele GDP_CYCLE is ontwikkeld om de conjuncturele dynamiek van de economie te benaderen zonder de structurele trend uit de data te verwijderen. De reeks is gebaseerd op de jaarlijkse reële BBP-groei, berekend als het verschil in logaritmen van het reële BBP ten opzichte van het voorgaande jaar. Om incidentele uitschieters te dempen, wordt deze loggroei vervolgens gesmoothd over de laatste vijf jaar met een voortschrijdend gemiddelde.

De resulterende reeks geeft dus de gesmoothde groeivoet van het BBP weer: een maat voor de onderliggende economische cyclus die kortetermijnschokken afvlakt, maar de langetermijntrend intact laat. Een hogere waarde van GDP_CYCLE duidt op een periode van bovengemiddelde economische activiteit, terwijl lagere waarden samenhangen met een afzwakkende groei of mild recessieve fase.

Deze benadering biedt een eenvoudige en robuuste manier om conjuncturele bewegingen te modelleren bij jaarlijkse data, zonder het structurele groeipad van de economie uit de reeks te filteren. De rauwe data is afkomstig uit de Penn World Tables (versie 10.0).

Crisis dummy (CRISIS)

De variabele CRISIS is opgenomen om uitzonderlijke macro-economische gebeurtenissen te markeren die niet worden verklaard door reguliere conjunctuur- of R&D-ontwikkelingen. De dummy neemt de waarde 1 in jaren van een duidelijke economische of financiële crisis, en 0 in alle overige jaren.

Voor Nederland zijn hierbij vooral de perioden van de wereldwijde financiële crisis en de daaropvolgende eurozonecrisis relevant. In de dataset krijgt CRISIS de waarde 1 voor de jaren 2008–2009, waarin de mondiale kredietcrisis en de scherpe terugval in export en investeringen de productiviteitsgroei tijdelijk drukten. Deze jaren vormen ook in de internationale literatuur een erkende breuk in de trend van TFP-groei en innovatie-investeringen.

Het opnemen van deze dummy zorgt ervoor dat de regressieresultaten niet worden vertekend door tijdelijke schokken die structureel niet representatief zijn. De variabele fungeert daarmee als correctie voor uitzonderlijke macro-economische stress, zodat de geschatte relaties tussen TFP, R&D en de technologische afstand beter de onderliggende economische mechanismen weerspiegelen.

Menselijk Kaptiaal (HC)

De variabele HC weerspiegelt de kwaliteit van arbeid en is afkomstig uit de Penn World Tables (versie 10.0). De index is gebaseerd op het gemiddelde opleidingsniveau van de beroepsbevolking en de verwachte rendementen op onderwijs, volgens de benadering van Barro & Lee (2013). Daarmee drukt HC niet het aantal werkenden uit, maar de productieve waarde van hun kennis en vaardigheden.

Hoewel menselijk kapitaal in theoretische zin onderdeel is van de productiefactor arbeid – en arbeid dus reeds is verdisconteerd in de berekening van TFP – wordt HC in veel empirische groeimodellen

toch expliciet opgenomen. De reden is dat menselijk kapitaal een tweede, meer indirecte functie vervult: het bepaalt de absorptiecapaciteit van een economie. Deze capaciteit verwijst naar het vermogen om bestaande kennis, technologie en innovaties effectief te begrijpen, toe te passen en te combineren met eigen R&D-inspanningen.

In de internationale literatuur wordt dit argument breed onderschreven. Benhabib & Spiegel (1994, 2005) tonen aan dat menselijk kapitaal de snelheid van technologische convergentie bepaalt; Griffith, Redding & Van Reenen (2004) en Cameron, Proudman & Redding (2005) laten zien dat beter opgeleid personeel de productieve impact van binnenlandse én buitenlandse R&D versterkt; en Coe, Helpman & Hoffmaister (2009) nemen HC expliciet op om verschillen in absorptiecapaciteit tussen landen te corrigeren.

De opname van ΔHC in de kortetermijnvergelijking dient dus niet om de hoeveelheid arbeid te representeren – die behoort niet in een TFP-model thuis – maar om te corrigeren voor veranderingen in

kennis, scholing en leervermogen die bepalen hoe effectief R&D-investeringen en buitenlandse kennisspillovers worden benut. Daarmee fungeert menselijk kapitaal als een structurele facilitator van kennisdiffusie en technologische vooruitgang, eerder dan als een directe inputfactor in productie.

Import (OPEN)

De importvariabele meet de handelsopenheid van de Nederlandse economie, gedefinieerd als de totale goederen- en dienstenimport als percentage van het BBP. De gegevens zijn afkomstig uit de OECD National Accounts Database.

Om de reeks geschikt te maken voor regressiedoeleinden is de variabele eerst genormaliseerd als ratio van het BBP en vervolgens gelogaritmeerd ($\ln(\text{import}/\text{BBP})$).

Om conjuncturele pieken en tijdelijke handelsfluctuaties te dempen, is een driejarig voortschrijdend gemiddelde toegepast. De resulterende variabele weerspiegelt daarmee de structurele openheid van de Nederlandse economie en fungeert als proxy voor de potentiële

blootstelling aan buitenlandse kennisstromen en technologische spillovers.

Structurele breuk (EUR)

We vinden aanwijzingen voor een structurele breuk rond 1999 en voegen daarom een breukdummy toe om deze te modelleren. De datering is primair econometrisch onderbouwd – de modeldiagnostiek toont rond dit jaar een significante parameterverandering – maar valt toevallig samen met een periode van diepgaande economische en institutionele transitie. De dummy fungeert daarom niet als beleidsmatige markering, maar als statistische correctie voor een bredere structurele verschuiving in de Nederlandse productiviteitsdynamiek.

Rond het einde van de jaren negentig deed zich een samenloop van transities voor die de relatie tussen productiviteit, R&D en groei fundamenteel beïnvloedden:

- **Monetaire integratie en euro-invoering:**
De overgang naar de Economische en Monetaire Unie (EMU) bracht een nieuw monetair regime, lagere kapitaalkosten en sterkere rente-convergentie, wat de financieringsdynamiek van R&D en investeringen veranderde.
- **Technologische en digitale omslag:**
De periode viel samen met de **dotcom-hausse** en het daaropvolgende barsten van de bubbel (2000–2001). De uitzonderlijke ICT-gedreven productiviteitsgroei van de tweede helft van de jaren negentig maakte plaats voor een periode van correctie en herstructurering.
- **Globalisering en open innovatie:**
Bedrijven verlegden R&D-activiteiten naar internationale netwerken, terwijl de openheid van de Nederlandse economie verder toenam.
- **Beleidsmatige heroriëntatie:** Nationale innovatieprogramma's werden hervormd, met een verschuiving van directe subsidies naar fiscale stimulering (zoals de WBSO) en publiek-private samenwerkingsprogramma's (ICES-KIS, Technopartner).

Het jaar 1999 markeert daarmee een kantelpunt tussen twee regimes: een fase van sterke, ICT-gedreven expansie met stijgende R&D-intensiteit enerzijds, en een meer gematigde groeifase waarin kennisinvesteringen stabiel maar ook selectiever werden ingezet anderzijds. De EUR-dummy corrigeert in de schatting voor dit regimeverschil en voorkomt dat de structurele verschuiving in de onderliggende productiviteitsdynamiek wordt toegeschreven aan de verklarende variabelen zelf.

Appendix B – Robuustheid en diagnostiek

Deze appendix beschrijft de belangrijkste controles die zijn uitgevoerd om de betrouwbaarheid van de schattingsresultaten te waarborgen. Het doel van deze appendix is niet om elk resultaat numeriek te herhalen, maar om de econometrische stabiliteit en geloofwaardigheid van de resultaten in woorden te duiden.

Lange-termijnconsistentie en cointegratie

Beide schattingsvarianten vertonen een stabiele, structurele relatie tussen productiviteit (TFP) en R&D-investeringen.

De DOLS-schattingen bevestigen dat R&D op lange termijn een significante bijdrage levert aan productiviteitsgroei, met een elasticiteit van circa 0,21–0,22. De toevoeging van de gecentreerde interactieterm verandert dit beeld niet wezenlijk, maar versterkt het theoretisch kader waarin landen met een grotere afstand tot de technologische frontiers relatief meer profiteren van R&D.

De foutcorrectieterm (ECT) in het ECM-model is negatief en significant, wat betekent dat het systeem zichzelf corrigeert wanneer TFP tijdelijk boven of onder het evenwichtsniveau ligt. De snelheid van die aanpassing ligt rond de tien procent per jaar, wat een realistische convergentiedynamiek impliceert.

Er is dus sprake van een stabiel, mean-reverting systeem, waarin tijdelijke schokken in productiviteit of R&D niet leiden tot blijvende afwijkingen van het structurele verband.

Granger-causaliteit en richtingsverband

Aanvullende Granger-causaliteitstesten op eerste-verschilreeksen bevestigen dat de richting van invloed **hoofdzakelijk loopt van R&D naar TFP**, niet andersom. Voor $\Delta RD_TOT \rightarrow \Delta TFP$ wordt een F-waarde rond 2,5 ($p \approx 0.09$) gevonden – zwak significant op 10%-niveau – terwijl de omgekeerde richting insignificant is. Ook de gecentreerde gap- en interactietermen voorspellen TFP-groei niet direct, wat erop wijst dat hun rol vooral structureel (lange termijn) is.

De resultaten ondersteunen dus het theoretische causale kader waarin **R&D productiviteitsgroei veroorzaakt**, niet andersom.

Endogeniteit en instrumentvalidatie

Een mogelijke zorg bij groeimodellen is dat R&D-uitgaven endogeen zijn aan productiviteit: bedrijven investeren meer in onderzoek omdat de economie groeit, in plaats van andersom.

Om te toetsen of dit de resultaten beïnvloedt, is een instrumentelevariabelenbenadering toegepast met de Lewbel-methode, die gebruikmaakt van natuurlijke heteroskedasticiteit in de data om interne instrumenten te construeren. De instrumenten zijn afgeleid uit F_RD , $SGAP$ en EUR , en toegepast in een ivreg-schatting waarin RD_TOT wordt geïnstrumenteerd.

De uitkomsten bevestigen de structurele robuustheid van de relatie tussen R&D en productiviteit:

- RD_TOT -coëfficiënt (IV): 0.275 (tegenover 0.21–0.22 in DOLS).
- Weak instruments F-stat: 4.8 ($p = 0.005$) – wijst op matig sterke, maar bruikbare instrumenten.
- Wu-Hausman-test: $F = 0.002$ ($p = 0.96$) – geen aanwijzing voor endogeniteit van R&D.
- Sargan-test: $\chi^2 = 7.65$ ($p = 0.02$) – lichte overspecificatie; enkele instrumenten mogelijk niet volledig exogeen, maar effect beperkt.

De instrumenten blijken dus enigszins zwak, maar niet zodanig dat de resultaten fundamenteel veranderen. De IV-coëfficiënt ligt zelfs iets hoger dan de DOLS-schatting, wat suggereert dat het basismodel het effect van R&D eerder onderschat dan overschat. Er is geen bewijs dat omgekeerde causaliteit de schattingen vertekent: de richting van invloed loopt van R&D naar productiviteit.

Voor beleid betekent dit dat extra R&D-investeringen met vertrouwen kunnen worden gezien als een oorzakelijke motor van structurele productiviteitsgroei.

Multicollineariteit

De interactieterm tussen R&D en technologische afstand ($RD \times GAP$) is een kernonderdeel van absorptie- en convergentiemodellen, maar in de praktijk vaak sterk gecorreleerd met de onderliggende variabelen. Zowel R&D-uitgaven als de technologische achterstand volgen vergelijkbare langetermijntrends, waardoor hun product een bijna lineaire combinatie vormt van beide. Dit leidt tot hoge standaardfouten en onstabiele coëfficiënten, zelfs wanneer de onderliggende relaties economisch plausibel zijn.

Om dit probleem te verhelpen is de interactieterm orthogonaal gemaakt ten opzichte van zowel RD_{TOT} als $CUMGAP$. Deze techniek – oorspronkelijk ontwikkeld binnen de *Frisch-Waugh-Lovell decomposition* (Frisch & Waugh, 1933; Lovell, 1963) – verwijdert de overlappende lineaire componenten uit de

interactie en behoudt enkel het residuele, onafhankelijke deel dat daadwerkelijk de modererende invloed van de technologische afstand weerspiegelt.

De orthogonalisatie zorgt er hierdoor voor dat het interactie-effect niet wordt gedreven door gemeenschappelijke trends in R&D en GAP, maar daadwerkelijk de *differentiële impact* van R&D op productiviteit weergeeft naarmate een land verder van de technologische frontiers afstaat.

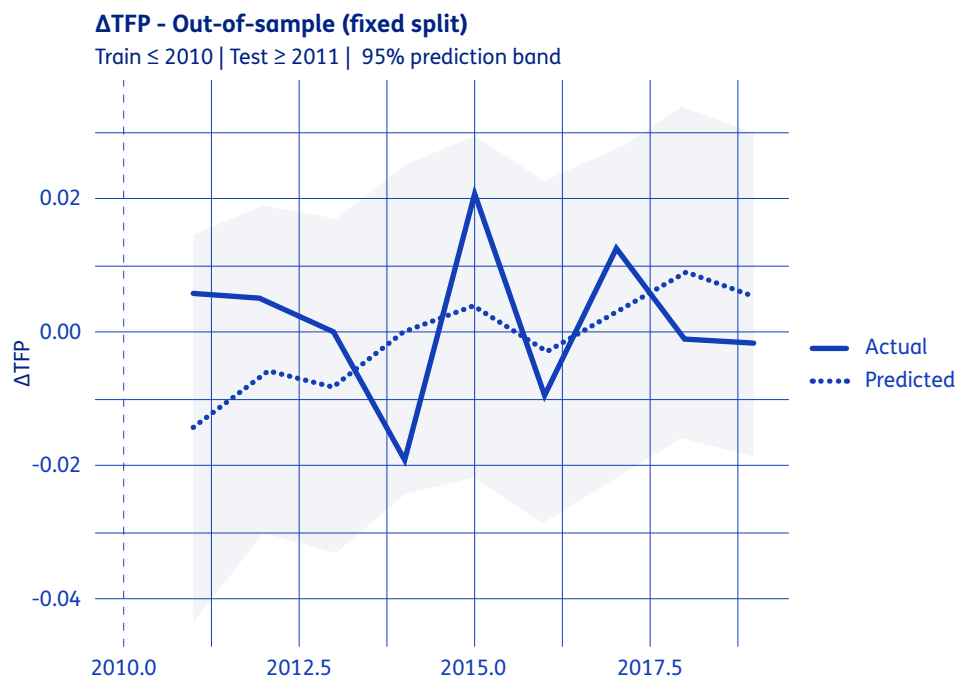
Na orthogonalisatie van de interactieterm ($RD \times SGAP$) ten opzichte van zowel RD als SGAP blijkt de multicollineariteit in het model substantieel afgenomen. De *Variance Inflation Factors* (VIF's) liggen voor alle variabelen ruim onder de gebruikelijke drempelwaarde van 10 — in de meeste gevallen zelfs onder 3. De R&D-variabele zelf heeft een VIF van 6,6, wat wijst op enige structurele samenhang met andere trendvariabelen, maar niet op een problematische mate van lineaire afhankelijkheid. De orthogonale interactieterm heeft een zeer lage VIF van 1,34, wat bevestigt dat deze correctie de overlap met de onderliggende componenten effectief heeft verwijderd.

Deze resultaten impliceren dat het model econometrisch stabiel is en de schattingen niet worden vertekend door multicollineariteit. De orthogonalisatie heeft de interpretatie van het interactie-effect verbeterd zonder de structurele relatie tussen R&D en productiviteit te verstoren.

Out-of-sample stabiliteit

Om de voorspellende kracht van het model te toetsen, is een vaste train-testverdeling gebruikt: de periode tot en met 2010 voor schatting, en 2011–2019 voor validatie. De voorspelling combineert de langetermijnrelatie (DOLS) met de kortetermijndynamiek van het ECM, waarin de foutcorrectieterm (ECT) de terugkeer naar evenwicht beschrijft.

Figuur A2 toont dat het model de trendmatige beweging van de productiviteit goed volgt, al worden extreme pieken en dalen enigszins afgevlakt — een gebruikelijk patroon bij jaarlijkse macrodata. Alle testjaren vallen binnen de 95%-voorspelband, wat duidt op stabiele en conservatieve onzekerheidsinschattingen.



Figuur A2. Out-of-sample validatie van het ECM-model voor TFP in Nederland.

Kwantitatief levert de out-of-sample schatting (2011–2019) een RMSE van 0,013, een MAE van 0,012 en een verklaarde variantie van circa 0,35. Een striktere “no look-ahead”-test bevestigt deze robuustheid ($RMSE \approx 0,012$; $R^2 \approx 0,45$).

De conclusie is dat het model ook buiten de schattingsperiode bruikbare voorspellingen oplevert. De uitkomsten vangen de richting en gemiddelde trend van de productiviteitsgroei goed, terwijl de jaarlijkse fluctuaties grotendeels worden verklaard door conjuncturele factoren en niet door structurele kennisopbouw. De voorspelbanden zijn breed, maar het model gedraagt zich consistent met de theoretische verwachtingen: tijdelijke afwijkingen worden hersteld via de foutcorrectieterm, en de langetermijntrend wordt bepaald door de cumulatie van kennis en diffusie. In die zin toont de validatie dat het ECM een realistische, zij het voorzichtige, beschrijving biedt van de dynamiek van TFP in Nederland.

Appendix C – Methodologie – Kosten-batenanalyse R&D – structurele stijging van de R&D stock

Deze methodologie beschrijft de methode die wordt toegepast voor de berekening van de netto contante waarde (NPV), benefit-cost ratio (BCR) en incrementele BCR van R&D-investeringen.

De berekening vergelijkt scenario's waarbij de R&D-stock constant blijft (baseline) met scenario's waarin de stock structureel groeit (1%, 2%, of 3% per jaar).

Basismodel

De berekening vertrekt vanuit de dynamiek van de R&D-stock, S_t .

$$S_t = (1-\delta) * S_{t-1} + r_t$$

met δ = kennisdepreciatie, S_{t-1} is de gedeprimeerde R&D-stock uit het voorgaande jaar, en r_t zijn de investeringen in R&D in jaar .

In steady state geldt de onderhoudsrelatie: $r = \delta * S$ Deze relatie bepaalt hoeveel R&D jaarlijks moet worden geïnvesteerd om de kennisvoorraad op peil te houden.

Scenario's

- Baseline (stock constant): $S_t = S_0$ voor alle t. De onderhoudsuitgaven $r_t^{(0)} = \delta * S_0$ houden de stock op peil.
- Beleidsscenario (stock groeit met k% per jaar): $S_t = S_0 * (1 + k)^t$. De vereiste jaarlijkse R&D-flow volgt uit $r_t^{(k)} = S_t - (1 - \delta) * S_{t-1}$. De incrementele kosten zijn $\Delta r_t^{(k)} = r_t^{(k)} - r_t^{(0)}$.

Batenformules

In deze methode worden de baten niet rechtstreeks bepaald door de R&D-uitgaven als % van het BBP, maar door hun verhouding tot de bestaande R&D-stock. De kennisvoorraad (S) werkt slechts geleidelijk door op productiviteit en output, in een tempo dat wordt vastgelegd door de foutcorrectieterm (ECT) of aanpassingssnelheid (ϕ).

De jaarlijkse baten (uitgedrukt in miljarden BBP) worden als volgt berekend:

$$b_t = \varepsilon * \ln\left(\frac{S_t^{(k)}}{S_t^{(0)}}\right) * [1 - (1 - \phi)^t] Y_t^{base}$$

De factor $[1 - (1 - \phi)^t]$ vertaalt het langetermijneffect naar een realistisch tijdspad: slechts een deel van het totale effect wordt jaarlijks gerealiseerd.

Waarbij geldt;

Symbool	Betekenis	Typische waarde
ε	Langtermijnelasticiteit tussen TFP (of BBP) en de R&D-stock	0,22
$r^{(0)} = \delta$	R&D-intensiteit als aandeel van de R&D-stock (R/S) in het basispad	0,15
Δr	Permanente verhoging van R&D-uitgaven als aandeel van de stock	+1, 2 à 3%-punt
ϕ	Aanpassingssnelheid volgens ECT-parameter	0,12

Netto contante waarde en ratio's

Alle stromen worden verdisconteerd met discontovoet i. Voor baten (b_t) en kosten ($c_t = \Delta r_t$) geldt:

Present value baten;

$$PV_baten(k) = \sum_{t=1}^n \left[\frac{b_t^{(k)}}{(1+i)^t} \right]$$

Present value kosten;

$$PV_kosten(k) = \sum_{t=1}^n \left[\frac{r_t^{(k)}}{(1+i)^t} \right]$$

De net-present value;

$$NPV(k) = PV_baten(k) - PV_kosten(k)$$

De incrementele NPV tussen een beleidsscenario met een stock groeit van $k\%$ per jaar en de baseline met stock constant is :

$$NPV(k_0 \rightarrow k) = [PV_baten(k) - PV_baten(k_0)] - [PV_kosten(k) - PV_kosten(k_0)]$$

De incrementele BCR tussen twee scenario's ($k_1 \rightarrow k_2$) is:

$$BCR_inc(k_1 \rightarrow k_2) = \frac{[PV_baten(k_2) - PV_baten(k_1)]}{[PV_kosten(k_2) - PV_kosten(k_1)]}$$

Dus, de incrementele BCR tussen een beleidsscenario met een stock groeit van $k\%$ per jaar en de baseline met stock constant is :

$$BCR_inc(k_0 \rightarrow k) = \frac{[PV_baten(k) - PV_baten(k_0)]}{[PV_kosten(k) - PV_kosten(k_0)]}$$

Merk hierbij op dat de baten van de baseline nul zijn maar de kosten niet. Het kost namelijk redelijk veel om de stock constant te houden.

Appendix D – Robuustheid van de resultaten

Om de robuustheid van onze schattingen te kunnen beoordelen en om alternatieve waarden beschikbaar te hebben voor de aanpassingssnelheid (ECM-coëfficiënt), hebben we een quickscan uitgevoerd van vergelijkbare studies in de empirische literatuur. We hebben gezocht naar studies die voor OESO- of EU-landen de relatie tussen R&D-investeringen en TFP schatten met behulp van vergelijkbare econometrische methoden (coïntegratie-analyse, ECM, VECM). Tabel 6 geeft een overzicht van de gevonden lange termijn elasticiteiten en ECM-coëfficiënten uit de literatuur. Voor een verdere bespreking van de robuustheid van de econometrische schatting, zie bijlage D.

Vergelijking met onze schattingen

Zoals beschreven in sectie 3.4 hebben we deze elasticiteit geschat voor totale R&D (publiek + privaat). De lange-termijncoëfficiënt uit de DOLS-analyse bedraagt 0,22, wat betekent dat een stijging van de binnenlandse R&D-stock met 1 % op lange termijn leidt tot een toename van TFP met circa 0,22 %.

Tabel 6. Lange termijn elasticiteiten en aanpassingssnelheden uit de empirische literatuur

Studie	Periode & Landen	Private R&D elasticiteit	Publieke R&D elasticiteit	Totale R&D elasticiteit	ECM-coëfficiënt (ϕ)	Rapporteert NL-specifieke resultaten
Soete et al. (2020)	1968-2014, NL	1,78	0,59		-0,38	Ja
van Elk et al. (2019)	1963-2011, NL	-	0,069		-0,66	Ja
Guellec & van Pottelsberghe (2001)	1980-1998, 16 OECD	0,13	0,17		-0,21	Nee
Erken et al. (2008)	1971-2002, 20 OECD	0,14	0,1	0,25	-0,07	Ja
Ziesemer (2024)	1963-2017, 14 OECD	0,31	0,17		-0,05 tot -0,08	Nee

Omdat publieke en private R&D-uitgaven in Nederland sterk samen bewegen (correlatie $\approx 0,96$), is het niet mogelijk om hun afzonderlijke effecten robuust te identificeren. Toch kan op basis van de historische verdeling van de uitgaven (54 % privaat, 46 % publiek) een indicatieve uitsplitsing worden gemaakt:

- Private R&D $\rightarrow +0,12$ % TFP (bij +1 % R&D-stock)
- Publieke R&D $\rightarrow +0,11$ % TFP (bij +1 % R&D-stock)

Deze waarden liggen in de midden-tot-onderkant van de internationale bandbreedte. De meeste internationale panel-studies vinden elasticiteiten tussen

0,13 en 0,31 voor private R&D en tussen 0,10 en 0,17 voor publieke R&D.

Aanpassingssnelheid en half-life

Wat betreft de snelheid waarmee de economie terugkeert naar haar langetermijnevenwicht, laat de ECM-analyse een foutcorrectiecoëfficiënt zien van $\phi = -0,12$ (basismodel) en $\phi = -0,11$ (uitgebreide variant). Dat betekent dat jaarlijks ongeveer 11 à 12 procent van een tijdelijke afwijking van het evenwicht wordt gecorrigeerd.

De bijbehorende half-life bedraagt circa vijf jaar. Dit is de tijd die nodig is om de helft

van een productiviteitsschok te herstellen. Na tien jaar is ongeveer 70 à 80 procent van het nieuwe evenwicht bereikt. Deze snelheid ligt in dezelfde orde van grootte als de waarden die Griffith, Redding & Van Reenen (2004), Erken et al. (2008) en Soete et al. (2020) rapporteren voor OESO-landen. Onze resultaten wijzen dus op een stabiel maar geleidelijk aanpassingsproces: kennisinvesteringen hebben tijd nodig om via diffusie, implementatie en organisatorisch leren door te werken in productiviteit.

Appendix E – Alternatieve benaderingen

In deze sectie beschrijven we kort enkele alternatieve methodologische benaderingen die in de voorbereiding van dit onderzoek zijn overwogen, maar die, gegeven de kaders van dit traject, niet verder konden worden uitgewerkt.

Macro-economisch (CGE-model)

In 2018 kreeg een deskundigengroep onder leiding van Reinilde Veugelers de opdracht om te bepalen welke kenmerken van het innovatieproces en welke beleidsinstrumenten in macro-modellen moesten worden opgenomen. Het rapport zet de meest belangrijke eigenschappen van R&D en innovatie in modellen uiteen om betrouwbare beleidsbeoordelingen te kunnen bieden. Daarnaast geeft het ook een beoordeling van de R&D implementatie in drie bestaande modellen van de Commissie (QUEST, RHOMOLO, NEMESIS).

Hoewel QUEST III, RHOMOLO en NEMESIS elk waardevolle inzichten bieden voor het analyseren van onderzoeks- en innovatiebeleid, hebben ze allemaal vergelijkbare beperkingen die hun

effectiviteit beperken. Zo behandelen alle drie de modellen bedrijven nog te veel als één geheel, waardoor ze de verschillen tussen bedrijven en de dynamiek van toetreding en uittreding niet goed kunnen weergeven. Ook houden ze onvoldoende rekening met financiële belemmeringen en de onzekerheid die juist bij innovatieve, kleinere bedrijven een grote rol speelt. De rol van menselijk kapitaal blijft onderbelicht, omdat de koppeling tussen onderwijs, vaardigheden en innovatie nauwelijks wordt meegenomen. Daarnaast zijn milieu- en duurzaamheidsaspecten nog niet structureel geïntegreerd in de kern van de modellen, terwijl deze steeds belangrijker worden. Door deze tekortkomingen aan te pakken, zoals het toevoegen van meer variatie tussen bedrijven en werknemers, aandacht voor financiële beperkingen, risico's, menselijk kapitaal en milieueffecten, zouden de modellen realistischer, flexibeler en relevanter worden voor het vormgeven van innovatiebeleid in een snel veranderende wereld.

Dit zijn ook de redenen die het CPB aandraagt waarom het niet mogelijk

is om de economische baten van R&D-beleid betrouwbaar door te rekenen. Rabobank-onderzoekers bekritisieren deze keuze en wijzen erop dat onzekerheid geen reden is om effecten uit te sluiten. Net zoals klimaatmodellen geen exacte rampen voorspellen maar wel trends laten zien, kunnen R&D-modellen ook globale productiviteitseffecten inschatten. Er bestaat brede wetenschappelijke literatuur die aantoont dat kenniskapitaal leidt tot innovatie en productiviteitsgroei, ook al is niet te voorspellen waar en wanneer. Het CPB zou conservatieve schattingen kunnen gebruiken of empirische benaderingen toepassen, zoals Rabobank dat zelf doet.

Door R&D-investeringen niet mee te nemen in hun modellen, zet het CPB de baten impliciet op nul, een fundamentele keuze met grote beleidsmatige gevolgen. Rabobank stelt dat het CPB hiermee het belang van R&D ondermijnt, ondanks bewijs dat ook buitenlandse innovaties pas renderen als er nationaal geïnvesteerd wordt in kennisopbouw.

Echter, er zijn wel ontwikkelingen. Recent is het ministerie van OCW gestart met een

traject om de huidige “state of the art” en beschikbare data rondom R&D-beleid in Nederlandse modellen te inventariseren. Daarbij wordt onderzocht of en hoe R&D expliciet kan worden meegenomen in economische ramingen. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door SEO.

Uit de recente inventarisatie door SEO in opdracht van het ministerie van OCW blijkt dat er op dit moment nog geen geschikte Nederlandse macro-economische modellen beschikbaar zijn die de effecten van R&D-beleid betrouwbaar kunnen doorrekenen. Het aanpassen en uitbreiden van bestaande modellen om R&D expliciet mee te nemen in economische ramingen is een complex proces dat tijd vergt. Daarom zijn deze modellen op dit moment nog niet inzetbaar voor analyses die binnen een kort tijdsbestek moeten worden uitgevoerd.

System Dynamics (SD)

Het gebruik van een System Dynamics (SD) model, zoals het RADAR-model van het EC DG RTD⁹ en het PPOLYTRoPOS-model van het Joint Research Centre (JRC)¹⁰, is ook geschikt om te onderzoeken hoeveel extra R&D-investeringen nodig zijn om in Nederland een jaarlijkse BBP-groei van 1,5% te behalen. SD-modellen zijn sterk in het laten zien hoe verschillende factoren elkaar beïnvloeden en terugkoppelingen creëren, bijvoorbeeld tussen R&D, productiviteitsgroei en economische output. Het RADAR-model is bijvoorbeeld eerder gebruikt om te beoordelen hoe EU-kaderprogramma's voor onderzoek en innovatie de ontwikkeling en diffusie van technologieën beïnvloeden, bijvoorbeeld op het gebied van mRNA-technologie en groene waterstof.¹¹ Het POLYTRoPOS-model (a POLYvalent model for the evaluation of TRansformative POLicy Scenarios) is een systeemdynamisch model dat zich richt op de interacties tussen de inzet van technologie en de opbouw van productie

capaciteit. Het is in eerste instantie gebruikt om te inventariseren welke productiecapaciteit benodigd is als er meer geïnvesteerd zou worden in hernieuwbare energie in Europa (EU-27). Dit model is ook al deels gekalibreerd met statistische data om de eerste illustratieve simulaties weer te kunnen geven.

Een belangrijk voordeel van SD-modellen is dat ze dynamische relaties over tijd kunnen simuleren, consequenties van transformatieve innovaties beter inzichtelijk kunnen maken, en effecten van beleidsinterventies kunnen simuleren. Zo kunnen ze laten zien hoe veranderingen in R&D-investeringen de economie beïnvloeden. Hierdoor kan beter worden begrepen welke extra investeringen nodig zijn om de gewenste groei van 1,5% te halen. Bovendien maken SD-modellen het mogelijk om te identificeren op welke punten beleidsmaatregelen de grootste impact hebben, bijvoorbeeld welke R&D-investeringen het meeste bijdragen aan productiviteit en economische groei.

SD-modellen zijn vooral nuttig bij complexe systemen waarin veel factoren elkaar beïnvloeden en waar traditionele lineaire modellen tekortschieten, zoals het innovatiesysteem. Hierdoor kunnen ze beter inzicht geven in langetermijneffecten van R&D-investeringen en laten zien hoe kennisopbouw, technologische diffusie en productiviteitsgroei elkaar beïnvloeden.

Het gebruik van een System Dynamics (SD) model is op korte termijn nog niet haalbaar. Het ontwikkelen van een goed gekalibreerd SD-model duurt meestal minstens een jaar, gebaseerd op de ervaring van de ontwikkelaars van het RADAR-model en het POLYTRoPOS-model. Dit komt omdat een nieuw model eerst moet worden opgebouwd, met duidelijke stocks en flows. Hoewel daar nu een goede basis voor ligt, moet dit vervolgens zorgvuldig gekalibreerd worden met empirische en statistische gegevens die specifiek zijn voor de Nederlandse economie. SD-modellen hebben ook numerieke waarden nodig

voor veel verschillende parameters, zoals het effect van R&D op productiviteit, de snelheid waarmee kennis veroudert, en hoe snel technologie zich verspreidt. Deze parameters zijn vaak onzeker en verschillen per sector, waardoor een nauwkeurige kalibratie veel tijd en aandacht vraagt. Gezien het korte tijdsbestek van acht weken voor deze analyse, is het bouwen en kalibreren van een betrouwbaar SD-model voor Nederland niet mogelijk. Proberen het snel te doen zou het risico geven dat de resultaten erg onzeker of zelfs misleidend zijn. Wel heeft TNO nu samenwerking gevonden met de JRC en DG RTD om in 2026 een Nederlandse landenstudie mogelijk te maken. Een TSI applicatie¹² met het Zweedse Vinnova is onderdeel van de plannen om dit mogelijk te maken.

9 RADAR, a system dynamics model - Publications Office of the EU

10 JRC Publications Repository - System Dynamics for System Innovation

11 RADAR, a system dynamics model - Publications Office of the EU

12 Technical Support Instrument (TSI)

TNO Vector propositie: de combinatie van System Dynamics (SD) en een macro-economisch model

Waar SD modellen erg geschikt zijn om terugkoppelingen, tijdvertragingen en niet-lineaire interacties binnen het innovatiesysteem in kaart te brengen, bieden deze modellen echter vaak geen gedetailleerde weergave van de bredere economie, zoals sectorale interacties, arbeidsmarkten, overheidsbeleid en handelsstromen.

Daarom heeft TNO binnen een kennisinvesteringsproject dit jaar de mogelijkheden onderzocht voor het integreren van SD met een macro-economisch model (zoals een CGE-model). Door een dergelijke combinatie wordt het mogelijk om de dynamische innovatieprocessen die in SD worden gemodelleerd te koppelen aan de algehele economische uitkomsten. SD laat zien hoe kennis en technologie zich ontwikkelen en terugwerken op productiviteit, terwijl het macro-economische model deze veranderingen vertaalt naar BBP-groei, sectorale productie, werkgelegenheid en fiscale effecten. In wezen benut de

integratie de sterke punten van beide methoden: SD voor dynamisch en systemisch inzicht in innovatie, en het macro-model voor de economie-brede impact en beleidsanalyse. Ook de makers van het RADAR model benadrukken het nut van deze koppeling. Deze methode is echter binnen het korte tijdsframe ook niet haalbaar, doordat de kalibratie van het ontwikkelde model significante aandacht vergt. Wel zal TNO hier eind dit jaar meer over delen in een TNO Vector Insight-artikel.

Local Projections (LP) methode

Een alternatieve econometrische benadering die tijdens het onderzoek is overwogen, is de Local Projections (LP) methode van Jordà (2005) voor het schatten van multipliers. Deze methode is geschikt voor het analyseren van causale dynamische effecten van investeringen op bbp-groei over lange tijdshorizonnen. In tegenstelling tot VAR-modellen maakt de LP-methode geen ex-ante aannames over de functionele vorm van de dynamiek en vermijdt potentiële misspecificatie bij lange forecast horizonen. De methode schat impulse responses direct via lokale projecties op verschillende horizonen,

wat waardevol is wanneer de effecten van investeringen zich pas na lange en onzekere lags tot uiting komen, zoals bij R&D-investeringen.

Het zelf schatten van multipliers voor Nederland via de LP-methode is niet haalbaar binnen het beschikbare tijdsbestek van acht weken. Voor een robuuste LP-analyse zijn substantiële inspanningen nodig: het corrigeren van endogene right-hand side variabelen, het opstellen van een panel-dataset met meerdere landen, en het identificeren van exogene shocks als instrumentele variabelen voor causale identificatie. Daarnaast is een LP-analyse voor publieke R&D nog niet voor EU-landen uitgevoerd, waardoor er geen bestaande basis ligt qua instrumentkeuze of empirische strategie waarop we kunnen voortbouwen. We zouden daarom afhankelijk zijn van multiplier-trajecten uit de bestaande literatuur in plaats van Nederlandse schattingen.

Voor het kwantificeren van het investeringsgat hebben we multipliers nodig voor drie specifieke categorieën: private kapitaalinvesteringen (capex),

private R&D-investeringen, en publieke R&D-investeringen. Publieke investeringen in infrastructuur, onderwijs en dergelijke vallen buiten de scope van deze analyse. Deze zijn zeker niet irrelevant maar worden behandeld als randvoorwaardelijke investeringen in een andere analyse.

Voor publieke R&D-investeringen zijn er enkele LP-studies beschikbaar, bijvoorbeeld Fieldhouse en Mertens (2023). Deze studie gebruikt een narratieve identificatiestrategie gecombineerd met local projections om de effecten van schokken in R&D-appropriations op Total Factor Productivity te schatten over horizonen tot 15 jaar. Hun resultaten laten zien dat publieke R&D-investeringen significante productiviteitseffecten hebben.

Helaas zijn de studies die zich op publieke R&D-investeringen richten vrijwel uitsluitend gebaseerd op data uit de Verenigde Staten. Dit roept de vraag op in hoeverre deze resultaten gelden voor Nederland als kleine open economie binnen de EU, met een fundamenteel andere economische structuur, openheid, en innovatiesysteem dan de VS.

Voor private R&D en private kapitaalinvesteringen hebben we geen studies kunnen vinden die de LP-methode overtuigend toepassen. Bij private investeringen is het lastig om exogene shocks te identificeren die groot en navolgbaar genoeg zijn voor een betrouwbare LP-analyse. Private investeringsbeslissingen zijn sterk endogeen en reageren op tal van economische factoren. Hierdoor zou een LP-benadering de effecten van private R&D en private kapitaalinvesteringen missen, terwijl dit juist een groot deel uitmaakt van het investeringsgat dat we willen analyseren.

Hierom is ook deze methode binnen het korte tijdsframe niet haalbaar.

Conclusie: keuze voor semi-endogeen groeimodel

Gegeven de beperkingen van CGE-modellen, System Dynamics-modellen en de Local Projections methode binnen het beschikbare tijdsbestek, is voor deze analyse gekozen voor een econometrische benadering gebaseerd op een semi-endogeen groeimodel. Deze aanpak

maakt gebruik van empirisch gevalideerde relaties uit de economische literatuur en is binnen de gestelde tijd uitvoerbaar. Een belangrijk voordeel van het semi-endogene groeimodel is dat het zowel publieke als private R&D-investeringen en kapitaalinvesteringen kan meenemen in de analyse, en dat het specifiek is gekalibreerd voor OESO-landen waaronder Nederland. Hoewel deze benadering beperkingen kent (zie sectie 3.2), biedt het wel een wetenschappelijk onderbouwde inschatting van de benodigde investeringen om de gewenste economische groei te realiseren.

Auteurs

Ron van Maurik, Thijmen van Bree,
Jasper van Kempen, Mirella Schrijvers,
Hettie Boonman

December 2025

Contact

Jasper van Kempen

Econoom

✉ jasper.vankempen@tno.nl

Ron van Maurik

Econoom

✉ ron.vanmaurik@tno.nl

Gebruik van Generatieve AI

Bij de totstandkoming van dit rapport is gebruikgemaakt van Large Language Modellen (OpenAI, GPT-5.1, 2025; Anthropic, Claude 4.5-serie, 2025; Microsoft Copilot, 2025). Deze tools zijn ingezet voor het versnellen van routinematige taken (o.a. code-assistentie, structureren van tekstvoorstellen en methodologische toelichtingen. Alle gegenereerde output is handmatig gecontroleerd, geverifieerd en waar nodig aangepast door de onderzoekers.