

BOUWEN OP ERVARING

WAT PALLAS KAN BETEKENEN VOOR TOEKOMSTIGE NEDERLANDSE
KERNCENTRALES: EEN MAATSCHAPPELIJKE BATENANALYSE

RAPPORTAGE

seo • economisch onderzoek



AUTEURS

Prof. dr. Erik Brouwer, dr. Jeroen Content en Prof. dr. Christiaan Behrens

IN OPDRACHT VAN

NRG PALLAS

Amsterdam, februari 2026

De maatschappelijke meerwaarde van PALLAS

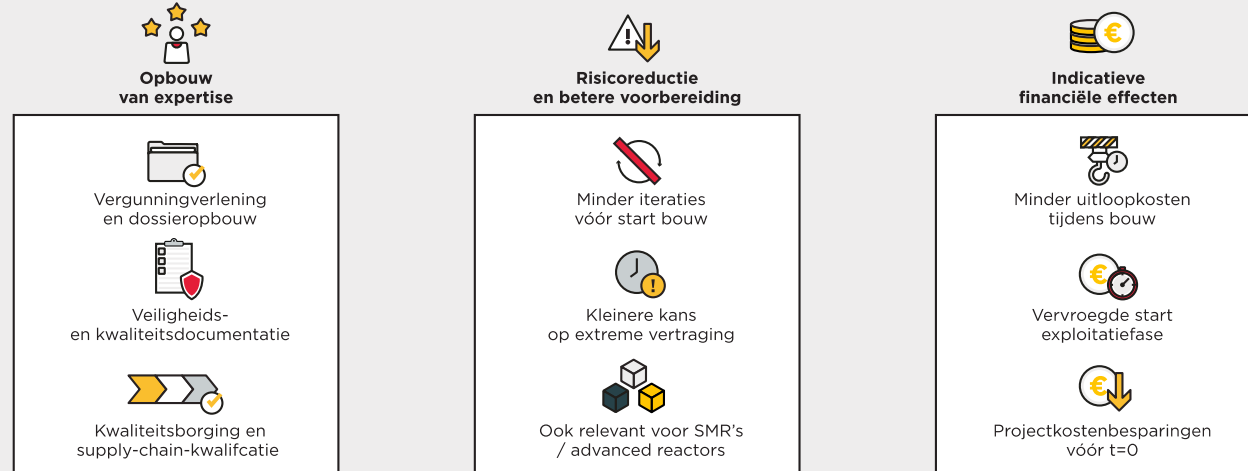
Bouwen op ervaring: voorspelbaarder voortraject en kleinere kans op extreme vertraging bij toekomstige kernenergieprojecten.

Nederland bereidt de bouw van nieuwe kerncentrales voor in een context waarin dergelijke projecten internationaal vaak kampen met vertragingen en kostenoverschrijdingen, vooral vóór de bouwstart. Deze studie laat zien dat het PALLAS-programma, als eerste grootschalige nucleaire project in Nederland sinds de jaren '70, belangrijke leereffecten oplevert op het gebied van vergunningverlening, veiligheidsdocumentatie, supply-chain-kwalificatie en samenwerking met toezichthouders. Deze leereffecten vergroten de voorspelbaarheid en verkleinen de kans op uitloop bij toekomstige kerncentrales. Zelfs een beperkte tijdswinst van 1 tot 3 jaar kan leiden tot aanzienlijke maatschappelijke baten, geschat op circa 1 tot 6 miljard euro, vooral door eerdere exploitatie-inkomsten en lagere financieringslasten. De gepresenteerde effecten zijn conservatief en vormen naar verwachting een ondergrens van de totale maatschappelijke waarde van PALLAS. De analyse is daarnaast gebaseerd op de bouw van twee nieuwe kernreactoren, bij vier nieuwe kernreactoren zullen de maatschappelijke baten verder toenemen.

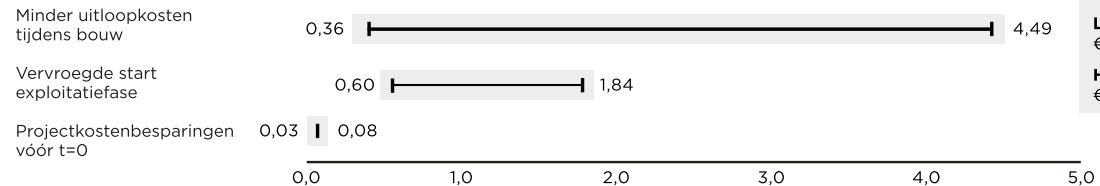
Wat is de meerwaarde van PALLAS?

PALLAS LEVERT VOORAL RISICOREDUCTIE: MINDER VERRASSINGEN, MINDER ITERATIES

EN EEN KLEINERE KANS OP EXTREME VERTRAGING BIJ TOEKOMSTIGE KERNENERGIEPROJECTEN

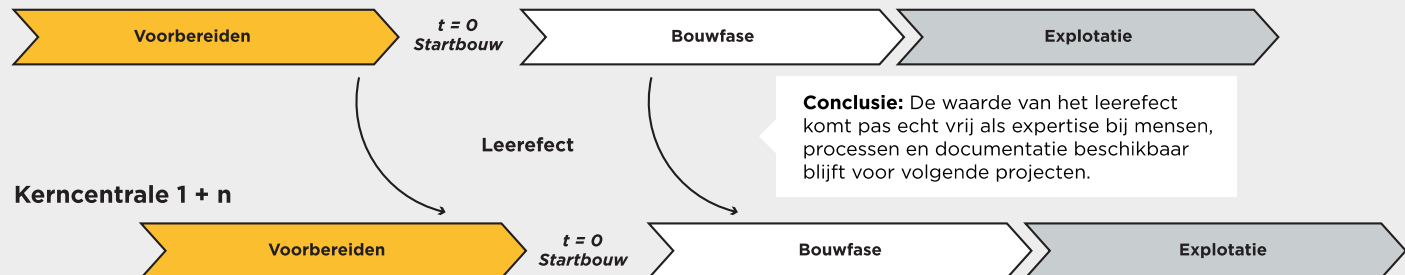


Spreiding potentiële financiële baten*



Indicatief; afhankelijk van aannames en financieringsconstructie. Niet alle maatschappelijke effecten zijn gemonetariseerd.*

Pallas reactor



Samenvatting

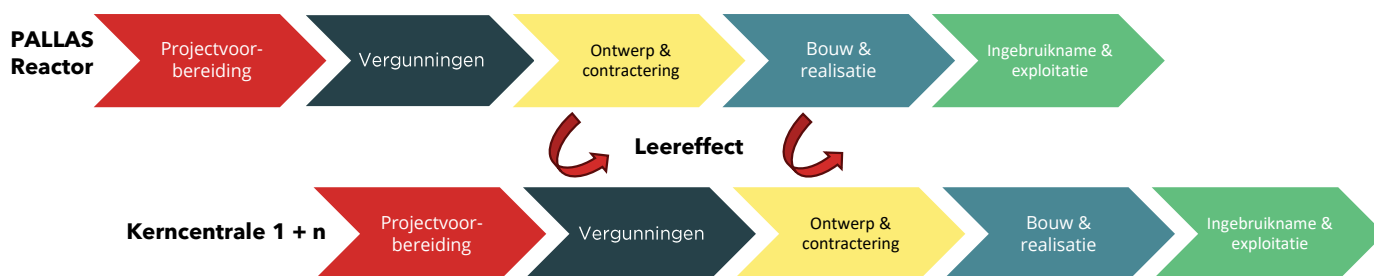
Nederland staat voor de opgave van het bouwen van kernenergiecentrales. Terwijl deze projecten vaak uitlopen wanneer recente ervaring ontbreekt, biedt PALLAS¹ een unieke kans om te bouwen op recent opgedane nucleaire ervaring. Deze studie laat zien hoe dit leereffect zich vertaalt in maatschappelijke waarde.

Aanleiding en onderzoek

De Nederlandse overheid bereidt de bouw van vier nieuwe kerncentrales voor. Deze ontwikkeling vindt plaats in een internationale context waarin grootschalige bouwprojecten van kerncentrales vaak resulteren in vertragingen en kostenoverschrijdingen, vooral in de fase vóór de bouwstart (vergunningverlening, ontwerp, contracteren en planning). Tegen deze achtergrond kijken we in deze studie naar welke maatschappelijke waarde het PALLAS-programma kan hebben voor het bouwen van toekomstige Nederlandse kerncentrales en hoe deze waarde gerealiseerd kan worden.

De bouw van de nieuwe PALLAS-onderzoeksreactor, bedoeld voor de productie van medische isotopen en nucleair onderzoek, vormt een interessante casus, omdat dit het eerste grootschalige nucleaire project in Nederland is sinds de jaren '70 van de vorige eeuw. Meerdere studies wijzen erop dat ervaring met vergunningverlening, veiligheids- en kwaliteitsdocumentatie en supply-chain-kwalificatie belangrijke verklarende factoren zijn voor de mate waarin nucleaire projecten al dan niet volgens plan verlopen. De hypothese is dat PALLAS zulke leereffecten in Nederland genereert. Deze studie kijkt in lijn met deze hypothese naar de maatschappelijke waarde die het PALLAS-programma kan hebben voor toekomstige Nederlandse kerncentrales, vooral via de kanalen van kennisopbouw, risicoreductie en mogelijke versnelling van besluitvorming en realisatie.

Figuur S.1 Fasering van nucleaire nieuwbouw en positie van het PALLAS-leereffect



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Figuur S.1 laat zien in welke fasen van het realisatietraject van toekomstige kerncentrales het leereffect van PALLAS het meest relevant is. Het gaat dan met name om vergunningverlening, ontwerp & contractering en bouw & realisatie. Door deze leereffecten kunnen centrales eerder in gebruik worden genomen, waardoor er eerder sprake is van opbrengsten in de ingebruikname- en exploitatiefase.

Voor deze analyse is een Theory of Change opgesteld, zijn gesprekken met betrokkenen gevoerd en is een scenarioanalyse uitgevoerd. Daarbij zijn de veronderstelde leereffecten onderscheiden naar effecten vóór de

¹ Waar in het rapport PALLAS wordt genoemd, bedoeling specifiek de PALLAS-reactor of het PALLAS-programma.

bouwstart en tijdens de bouwphase, en zijn de leereffecten afzonderlijk doorgerekend in de scenarioanalyse. In de scenarioanalyse is een nulscenario uitgewerkt voor de bouw en exploitatie van twee kerncentrales, met uitgangspunten voor investeringskosten, bouwtijd, levensduur, benuttingsgraad, prijzen en discontering. Daarbij is expliciet rekening gehouden met het reële risico op vertraging. Het nulscenario veronderstelt een langere effectieve bouwtijd, dat wil zeggen een vertraging. Vervolgens zijn versnellingsscenario's doorgerekend waarin centrales één tot drie jaar eerder in bedrijf komen door minder uitloop gedurende de bouwphase als gevolg van eerder opgedane leereffecten (zoals via PALLAS), waarbij één jaar tijdswinst fungeert als conservatieve ondergrens.

Economische waardering effecten via drie mechanismes

Tabel S.1 geeft een overzicht van potentiële financiële baten. De tabel onderscheidt drie afzonderlijke batenkanalen. De eerste twee hangen samen met minder uitloop tijdens de bouwphase en treden gezamenlijk op, terwijl het derde kanaal betrekking heeft op kostenbesparingen in het voortraject (vóór $t=0$) en daarvan los kan staan. De bedragen geven daarmee de orde van grootte van baten per kanaal weer en vormen geen automatisch cumulatief scenario. De exacte omvang van de financiële effecten hangt sterk af van de zaken zoals de uiteindelijke initiële investeringskosten, uitloopkosten, elektriciteitsprijzen, et cetera.

Rondom de uitloop tijdens de bouwphase bestaat bovendien grote onzekerheid. De vertragingen worden door veel factoren bepaald en zijn lastig ex ante te kwantificeren. Tegelijkertijd wijzen de gevoerde gesprekken en bestaande studies erop dat een leereffect door PALLAS zeer waarschijnlijk leidt tot een merkbare reductie van uitloop, waarbij ten minste één jaar tijdswinst als realistisch wordt beschouwd (corresponderend met de kolom *Laag* in de tabel).

Tabel S.1 Potentiële maatschappelijke baten voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales door PALLAS (in mld. euro)

Financiële effecten (in mld. euro) Aantal jaren minder vertraging	Laag 1 jaar	Midden 2 jaar	Hoog 3 jaar
1. Minder uitloopkosten tijdens bouw <i>Bandbreedte toont financiële baten bij 2,5-10% uitloopkosten p/jaar</i>	0,36 - 1,45	0,72 - 2,95	1,1 - 4,49
2. Vervroegde start exploitatiefase <i>Laag = 1 jaar minder uitloop, ..., hoog = 3 jaar minder uitloop</i>	0,60	1,21	1,84
3. Kostenbesparingen vóór $t=0$ <i>Bandbreedte toont financiële baten voor 1-3 jaar sneller naar $t=0$</i>	0,03 - 0,08	0,03 - 0,08	0,03 - 0,08
Indicatieve bandbreedte totale baten	0,98 - 2,13	1,95 - 4,24	2,96 - 6,41

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Noot: De analyse is gebaseerd op een scenario waarin twee nieuwe kernenergiereactoren worden gebouwd. Bij vier centrales zullen de financiële baten hoger uitvallen.

De scenarioanalyse laat zien dat de financiële baten van minder vertragingen gedurende de bouwphase in contante termen snel kunnen oplopen. De totale verminderde uitloopkosten zijn sterk afhankelijk van hoogte daarvan relatief ten opzichte van de initiële investering (2,5 tot 10 procent per jaar). Bij één jaar minder vertraging levert dat een contante waarde op van tussen 0,36 en 1,45 miljard euro. Daarnaast komt het effect van een eerdere start van de exploitatiefase, welke in contante termen bij één jaar minder vertraging 0,6 miljard euro bedraagt. Bij drie jaar minder vertraging van de bouwphase bedragen de totale financiële baten in contante termen 2,94 tot 6,33 miljard euro.

Daarbovenop komen mogelijke besparingen in het voortraject (vóór start bouw). Bij een sneller doorlopen proces kunnen de kosten van de projectorganisatie en de kosten voor de toezichthouder dalen in de orde van grootte van enkele tientallen miljoenen euro.

Binnen de reikwijdte van deze studie zijn niet alle maatschappelijke effecten gemonetariseerd. Zo kunnen bijvoorbeeld klimaatbaten door eerdere CO₂-reductie bestaan, maar zijn deze niet expliciet gewaardeerd in de doorrekening. Dit maakt het aannemelijk dat de gepresenteerde baten een onderschatting vormen van de totale maatschappelijke waarde. Bovendien zijn de gehanteerde aannames in deze studie bewust conservatief, waardoor de resultaten eerder als een ondergrens dan als een bovengrens van de maatschappelijke waarde van PALLAS moeten worden geïnterpreteerd.

Leereffecten

Naast deze gemonetariseerde effecten creëert PALLAS waarde als leerervaring. Het programma heeft in Nederland opnieuw routines en praktijkkennis opgebouwd rond nucleaire kwaliteitsnormen, documentatie, supply-chain-kwalificatie en de interactie tussen initiatiefnemer en toezichthouder. Het gaat hierbij niet alleen om het sneller kunnen opereren rondom dit type projecten, maar vooral voorspelbaarder, met minder verrassingen, minder iteraties en een kleinere kans op extreme vertraging. Die voorspelbaarheid is juist vóór de bouwstart van groot belang, omdat daar veel van de latere doorlooptijd en kosten wordt vastgezet. PALLAS draagt bovendien bij aan human capital en ecosysteemversterking doordat een nieuwe generatie professionals ervaring opdoet en leveranciers investeren in nucleaire kennis om aan nucleaire kwaliteitsstandaarden te voldoen.

Het leereffect van PALLAS heeft op het moment echter nog niet de maximale potentie bereikt. Een belangrijk deel van de meest relevante projectervaring wordt immers opgebouwd in de laatste fasen van realisatie, tijdens ingebruikname en in de eerste periode van operatie. Het volledige leereffect materialiseert wanneer PALLAS volledig is afgerond. Veel waarde is gecreëerd in de voorbereiding maar de leercurve blijft groeien en de kennisopbouw en de daarmee gepaard gaande financiële baten voor toekomstige kerncentrales zijn nog in ontwikkeling. Daarop aansluitend is het essentieel om de tijdens PALLAS opgebouwde kennis en kunde actief vast te houden en overdraagbaar te maken. Als deze kennis niet actief wordt vastgehouden, lekt expertise mogelijk weg en gaat daarmee ook een deel van de maatschappelijke waarde verloren.

Belangrijkste bevindingen samengevat

- PALLAS levert vooral risicoreductie op. Niet per se een snellere bouw, maar een kleinere kans op herontwerpen, kwaliteitsissues en iteraties met leveranciers of toezichthouder, en daarmee een lagere kans op uitloop.
- De literatuur wijst erop dat op basis van ervaringen in andere landen de onzekerheid rond doorlooptijden en kosten groot zijn.
- De onzekerheid rond doorlooptijden en kosten zijn groot, maar het OECD-NEA-rapport *Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear* (2020) laat zien dat leereffecten en standaardisatie in de praktijk wel kunnen leiden tot een merkbare reductie van uitloop bij vervolprojecten. Gesprekken met experts en betrokkenen uit diverse hoeken van het speelveld wijzen er ook op dat het leereffect van PALLAS zeer waarschijnlijk leidt tot een merkbare reductie van uitloop bij toekomstige kernenergieprojecten, waarbij één jaar tijdswinst als conservatieve ondergrens wordt beschouwd. Tegelijkertijd behoudt Nederland met de realisatie van PALLAS de beschikking over een unieke experimentele nucleaire infrastructuur, die in lijn met de historische ontwikkeling van de HFR ook op langere termijn ruimte biedt voor onvoorziene toepassingen, innovatie en kennisontwikkeling.

- Bij één tot drie jaar minder uitloop tijdens de bouw liggen de financiële baten tussen 1 en 6 miljard euro. Dit bedrag bestaat een deel uitloopkosten en een deel vervroegde inkomsten uit eerdere exploitatie.
- Er zijn besparingen mogelijk in het voortraject (vóór start bouw), doordat een realistischer en beter afgestemd proces minder inzet van projectorganisatie en toezicht vraagt.
- De grootste kwalitatieve waarde ligt vóór de bouwstart, doordat vergunningverlening, veiligheidsdocumentatie en afstemming tussen partijen voorspelbaarder en minder iteratief kunnen worden.
- Het leereffect in Nederland is momenteel nog in opbouw en is pas volledig wanneer PALLAS is afgerond (realisatie, ingebruikname en eerste operationele fase). Het is van belang van de tijd tussen de verschillende fasen van het PALLAS-project en het project welke nieuwe kerncentrales in Nederland zal bouwen zo klein mogelijk te houden om in iedere fase van het volledige kerncentraleproject maximaal leereffecten te realiseren.
- Het vasthouden van de geleerde kennis en kunde is cruciaal om de waarde in de toekomst te kunnen verzilveren. Zonder actieve borging, overdracht en doorstroom van personeel en werkwijzen naar komende kernenergieprojecten lekt expertise mogelijk weg en gaat de opgebouwde waarde verloren.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inhoudsopgave	7
1 Inleiding	8
1.1 Achtergrond	8
1.2 Onderzoeksvragen	9
1.3 Leeswijzer	10
2 Aanpak van het onderzoek	11
2.1 Theory of Change	11
2.2 Interviews	13
2.3 Scenarioanalyse	13
3 Kwalitatieve baten van het PALLAS-project	15
3.1 Een waardevolle leerervaring	15
3.2 Risicoreductie als belangrijk neveneffect	16
3.3 Waarde ligt met name vóór de bouw	16
3.4 Versterking van human capital & innovatie-ecosysteem	17
4 Scenarioanalyse van tijdswinst en risicoreductie	19
4.1 Uitwerking en parameters	19
4.2 Het nulscenario	21
4.3 Versnellingsscenario's	22
5 Conclusie	29
Referenties	31

1 Inleiding

De Nederlandse overheid is voornemens om nieuwe kerncentrales te realiseren. De internationale praktijk wijst op structurele vertragingen en kostenoverschrijdingen bij kernenergieprojecten, vaak al vóór de bouwstart. Deze studie onderzoekt welke rol PALLAS² via leereffecten speelt bij het efficiënt realiseren van nieuwe kerncentrales.

1.1 Achtergrond

De Nederlandse overheid wil kernenergie een grotere rol geven in de toekomstige energievoorziening en is voornemens in totaal vier nieuwe kerncentrales te realiseren (ministerie van KGG, 2025a, 2025b). In 2022 is de voorbereiding gestart voor de bouw van de eerste twee centrales. In dat kader laat de overheid momenteel diverse onderzoeken uitvoeren, waaronder studies naar de effecten op milieu en leefomgeving en analyses van de kosten en implicaties van de keuzes voor mogelijke locaties. Ook voert de overheid gesprekken met omwonenden, bedrijven en andere organisaties in en rond de beoogde gebieden.

Deze Nederlandse beleidsvoornemens zijn in mondiaal perspectief in de laatste jaren gangbaarder geworden, internationaal gezien neemt het aantal nucleaire initiatieven toe. Maar, nieuwbouwreactoren krijgen vaak te maken met aanzienlijke doorlooptijden en vertragingen. Met name bij First-of-a-kind (FOAK)-projecten in landen in een land dat lang geen centrale heeft gebouwd (NEA/OESO, 2020). Ervaring met de bouw van nucleaire projecten is verloren gegaan terwijl de eisen zowel nucleair als niet nucleaire sterk zijn toegenomen.

Internationale literatuur laat zien dat nieuwbouwreactoren in de afgelopen decennia structureel later zijn opgeleverd dan gepland. Uit de *World Nuclear Industry Status Report* (WNISR, 2024) blijkt dat de gemiddelde bouwtijd van reactoren wereldwijd tussen de 10 en 17 jaar ligt, terwijl veel projecten aanvankelijk op 6 tot 8 jaar waren begroot. De OECD Nuclear Energy Agency (OECD-NEA, 2020; 2022) laat zien dat met name in Europa en de Verenigde Staten vertragingen één van de belangrijkste oorzaken zijn van kostenoverschrijdingen. Internationale literatuur bevestigt dat vertragingen bij kernenergieprojecten zowel vóór als tijdens de bouwfase voorkomen. Daarbij blijkt dat vertragingen vóór de bouwstart (tijdens vergunningverlening, ontwerp en planning) vaak bepalend zijn voor de uiteindelijke projectduur, omdat in deze fase veel keuzes worden vastgelegd die later moeilijk te corrigeren zijn.

Concrete voorbeelden illustreren dit patroon. De Finse reactor Olkiluoto 3 werd ruim 13 jaar later opgeleverd dan gepland. In Frankrijk heeft Flamanville 3 meer dan 10 jaar vertraging opgelopen. Het Verenigd Koninkrijk laat met Hinkley Point C vergelijkbare trends zien, met meerdere jaren uitloop vanwege ontwerpaanpassingen, vergunningstijd en kwaliteitsborgingsprocessen (IEA, 2020; IEEFA, 2017).

De maatschappelijke gevolgen van dergelijke vertragingen zijn substantieel. Door de kapitaalintensiteit van kernenergie ontstaan hoge *interest during construction*-kosten (IDC). OECD-NEA (2020) laat zien dat IDC tot 30

² Waar in het rapport PALLAS wordt genoemd, bedoeling specifiek de PALLAS-reactor of het PALLAS-programma.

procent van de totale projectkosten kan uitmaken. KPMG (2021) en UK IEEFA (2017) bevestigen dat één jaar vertraging in Europese nieuwbouwreactoren doorgaans leidt tot tientallen miljoenen euro extra financieringslasten.

Nederland staat momenteel voor de opgave om twee nieuwe Generatie III reactoren te realiseren, en in een later stadium mogelijk nog eens twee. Het nulscenario in dit rapport hanteert een geplande bouwtijd van tien jaar en een levensduur van zestig jaar, in lijn met internationaal gangbare ex-ante aannames in beleids- en systeemstudies (OECD-NEA, 2020; IEA, 2023; EC DG ENER, 2020). Internationale ervaringen laten echter zien dat dergelijke planningen bij kernenergieprojecten zelden worden behaald. Daarom veronderstelt het nulscenario expliciet een effectieve bouwtijd van dertien jaar, waarmee rekening wordt gehouden met de structurele kans op vertraging die in de literatuur wordt gedocumenteerd.

Het PALLAS-programma is relevant omdat het sinds de jaren '70 van de vorige eeuw het eerste grootschalige nucleaire bouwproject in Nederland is. Internationale literatuur wijst erop dat ervaring in vergunningverlening, documentatieprocessen en supply-chain-kwalificatie belangrijke verklarende factoren zijn voor projecten die wel op tijd worden opgeleverd (OECD-NEA 2022; IEA 2020). De hypothese is dat PALLAS zulke leereffecten deels al heeft gerealiseerd en deels nog steeds genereert. Daarmee vertegenwoordigt PALLAS niet alleen potentiële waarde via toekomstige tijdswinst en risicoreductie, maar ook een huidige waarde in de reeds opgebouwde kennis en kunde bij projectorganisaties, toeleveranciers, overheid en toezichthouder.

Die kennisbasis is echter niet vanzelfsprekend. Zonder borging, overdracht of continuïteit in nucleaire projecten bijvoorbeeld, bestaat het risico dat expertise versnipperd raakt of verdwijnt. In dat geval gaat niet alleen kennis verloren, maar ook een belangrijk deel van de (maatschappelijke) waarde die PALLAS heeft opgebouwd. Dit roept de vraag op wat nodig en redelijk is om deze kennis en kunde te behouden, gegeven de waarde die inmiddels in PALLAS is opgebouwd en het risico dat zonder investering zowel kennis als waarde weglekken.

1.2 Onderzoeksvragen

De Nederlandse overheid is voornemens vier nieuwe kerncentrales te realiseren. Het is daarom belangrijk om tijdig inzicht te hebben in de factoren die de doorlooptijd en uitvoerbaarheid van nieuwbouw beïnvloeden.

De internationale ervaringen laten zien dat juist in de fase vóór de bouwstart, tijdens vergunningverlening, ontwerpkeuzes, locatiebesluiten en de organisatie van besluitvorming en participatie, vertragingen kunnen ontstaan die later moeilijk zijn in te halen en die kunnen doorwerken in kosten en planning. Tegen deze achtergrond staat in deze studie de volgende hoofdvraag centraal: *wat zijn de maatschappelijke baten van het PALLAS-programma voor de beoogde bouw van twee nieuwe kerncentrales, in termen van tijdswinst, kostenvermindering en risicoreductie tijdens die bouw?*

De maatschappelijke waarde van het PALLAS-programma gaat echter verder dan tijdswinst, kostenvermindering en risicoreductie bij de bouw van nieuwe kerncentrales. Met de realisatie van de PALLAS-reactor beschikt Nederland ook in de komende decennia over nucleaire infrastructuur die ruimte biedt voor onderzoek, kennisontwikkeling en innovatie. De huidige Hoge Flux Reactor in Petten heeft de afgelopen zestig jaar een belangrijke rol gespeeld bij de ontwikkeling van het nucleaire kennislandschap in Nederland.

Om die reden wordt in dit onderzoek ook antwoord gegeven op de volgende verdiepende onderzoeksvragen:

- *Wat betekent PALLAS voor de waarde van nucleaire capaciteit in het licht van nationale klimaat- en energieambities, waaronder de ontwikkeling van SMR's en advanced reactors?*
- *Welke additionele baten ontstaan door kennisopbouw, human capital en een versterkte nucleaire keten in Nederland?*

Dit onderzoek richt zich expliciet op de maatschappelijke baten van het PALLAS-programma. De directe kosten van PALLAS zelf zijn reeds vastgelegd in bestaande businesscases en maken onderdeel uit van eerdere besluitvorming. Deze studie heeft een aanvullend karakter en beoogt inzichtelijk te maken welke extra maatschappelijke waarde PALLAS genereert voor toekomstige kernenergieprojecten, boven op de reeds gemaakte investering. De analyse is daarmee geen integrale maatschappelijke kosten-batenanalyse van PALLAS als project op zichzelf, maar een gerichte batenanalyse die focust op leereffecten, risicoreductie en tijdswinst bij toekomstige nucleaire nieuwbouw.

Een vraag die daarnaast relevant is betreft wat redelijkerwijs nodig is om de kennis en kunde die door het PALLAS-project is opgebouwd te borgen en wat het risico is dat zonder investering de waarde van die kennis en kunde weer weglekken. Deze vraag valt echter niet binnen de scope van deze studie, wel toont deze studie enige rechtvaardiging van eventuele inspanning om die kennis en kunde te behouden in Nederland, namelijk de te verliezen maatschappelijke baten.

De hoofdvraag zal met name worden beantwoord door gebruik te maken van een model waarmee verschillende scenario's worden doorgerekend. De twee verdiepende onderzoeksvragen zullen hoofdzakelijk met behulp van kwalitatieve onderzoeksmethoden beantwoord worden.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft beknopte beschrijving van de aanpak van het onderzoek en welke methoden daarin zijn gebruikt. Hoofdstuk 3 geeft een overkoepelend beeld van de resultaten uit de interviews en welke kwalitatieve baten daaruit zijn te identificeren. In Hoofdstuk 4 wordt een nulscenario opgebouwd, wat vervolgens wordt afgezet tegen enkele alternatieve scenario's om zodoende de potentiële financiële baten van het PALLAS-programma te kunnen vaststellen. Hoofdstuk 5 concludeert deze studie.

2 Aanpak van het onderzoek

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de maatschappelijke baten van het PALLAS-programma inzichtelijk worden gemaakt. Vanuit een Theory of Change verzamelen we gericht informatie uit literatuur, documenten en interviews. Die input gebruiken we vervolgens als basis voor de scenarioanalyse.

2.1 Theory of Change

Een *Theory of Change* (ToC) is een methode om de relatie tussen inputs en de uiteindelijke impact van de inputs inzichtelijk te maken. Het beschrijft op een visuele en gedetailleerde manier via welke stappen een verandering mogelijk tot stand komt en welke tussenliggende stappen en aannames daarvoor nodig zijn. Een ToC is daarmee een gestructureerde beschrijving van hoe en waarom een interventie naar verwachting werkt. Daarmee kunnen verbanden systematisch geanalyseerd worden en biedt het aanknopingspunten voor gesprekken over waarom en hoe deze impact zich manifesteert.

En ToC bestaat een serie van oorzaak-gevolgrelaties die samen een keten van causale verbanden vormen. De verschillende onderdelen daarin zijn:

1. De **inputs** zijn alle middelen die worden ingezet, oftewel 'wat je erin stopt';
2. De **activiteiten** zijn alle handelingen die met bovenstaande inputs worden uitgevoerd;
3. De **outputs** bestaan uit de directe resultaten van de activiteiten; zoals geleverde producten en/of diensten;
4. De **outcomes** beschrijven de effecten van de outputs op een hoger niveau (zowel positief als negatief);
5. De **impacts** bestaan uit de maatschappelijke effecten (zowel positief als negatief).

Daarbij benoemen we ook expliciet de aannames, randvoorwaarden en mogelijke externe factoren wanneer die bepalend zijn voor hoe die keten er in de praktijk uitziet.

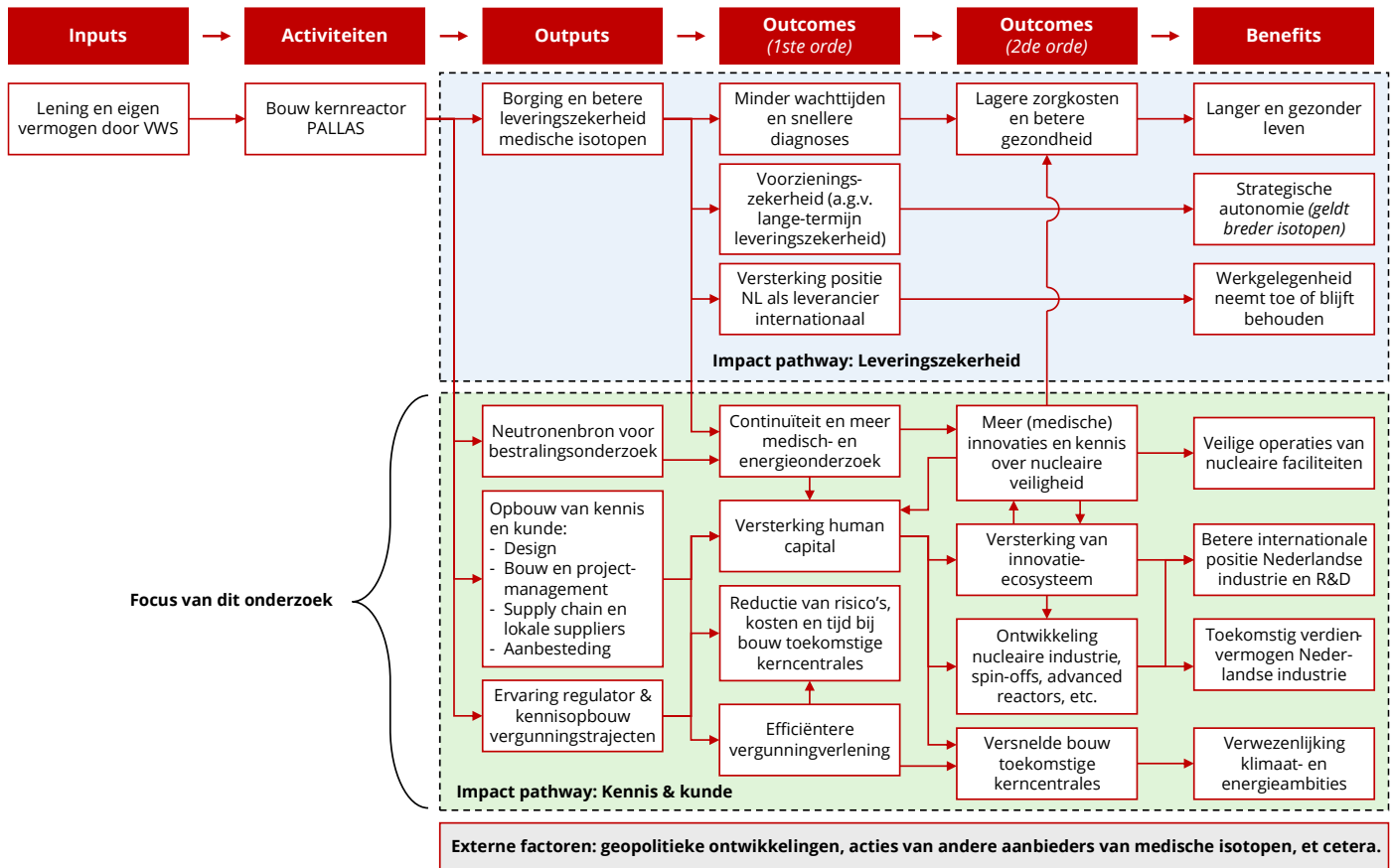
Figuur 2.1 toont de ToC van het PALLAS-programma en hoe via welke oorzaak-gevolgrelaties het programma uiteindelijk tot welke maatschappelijke baten leidt. Deze beleidstheorie schetst daarmee hoe de publieke investering in PALLAS zich via twee samenhangende "impact pathways" vertaalt naar maatschappelijke baten.

De input betreft een lening en eigen vermogen verstrekt door het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS). Het ministerie financiert de PALLAS-reactor deels met eigen vermogen (kapitaalstorting) en deels met publieke leningen. VWS is 100 procent aandeelhouder, waarbij de financiering, naast leningen, ook een significante investering in eigen vermogen vanuit de rijksbegroting betreft. De kernactiviteit is daarmee: het realiseren van een moderne Hoge-Flux Reactor als vervanger van de verouderde HFR. Dat sluit aan bij het beleidsdoel van VWS: het borgen van de leveringszekerheid van medische isotopen, waarvoor Petten nu een zeer groot aandeel van de (Europese) vraag bedient.

Vanuit die kernactiviteit lopen in de figuur twee samenhangende impact pathways. Het eerste (Leveringszekerheid) beschrijft hoe PALLAS leidt tot directe output in de vorm van een stabiele productiecapaciteit van medische isotopen. Het eerste-orde-effect daarvan is een toegenomen betrouwbaarheid van de beschikbaarheid van medische isotopen, waardoor zorgverleners en patiënten kunnen vertrouwen op continuïteit in diagnostiek en

behandeling en de gezondheidszorg beter kan plannen. Op langere termijn vertaalt deze verhoogde betrouwbaarheid zich in brede maatschappelijke baten, zoals gezondheidswinst (langer en gezonder leven) en mogelijk ook lagere zorgkosten door tijdiger diagnostiek en behandeling.

Figuur 2.1 Theory of Change PALLAS-programma



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

De tweede impact pathway (Kennis & kunde) laat zien dat PALLAS niet alleen een zorg-infrastructuurproject is, maar daarnaast ook een belangrijke leeromgeving en proeftuin voor de Nederlandse nucleaire ambitie. In dit pad leveren bouw, vergunningverlening, toezicht, aanbesteding, projectmanagement en inbedrijfstelling kennis en ervaring op die in Nederland schaars is, of dat ten dele tot voor kort was.

De eerste-orde-effecten zijn onder meer: versterking van human capital (ingenieurs, projectmanagers, toezichthouders), betere procedures en minder faalkosten/vertraging in toekomstige nucleaire projecten. Dit werkt door naar tweede-orde-effecten zoals versnelling en risicoreductie bij de ontwikkeling van nieuwe kerncentrales en innovatie (bijv. rond SMR's/advanced reactors), en uiteindelijk naar baten als een sterker innovatie-ecosysteem, verdienvermogen en het realiseren van klimaat- en energieambities.

Deze ToC vormt in dit onderzoek het analytische raamwerk. De rest van dit onderzoek zal zich richten op de tweede impact pathway van Kennis & kunde. Concreet betekent dit dat we gericht gegevens kunnen verzamelen via document- en literatuuronderzoek en interviews. Dit helpt vervolgens om aannames en externe factoren expliciet mee te nemen in de scenarioanalyse en kunnen we in het onderzoek afbakenen wat aan PALLAS is toe te schrijven en waar onzekerheid blijft bestaan.

2.2 Interviews

Om aanvullend op het literatuur- en documentonderzoek een beeld vanuit de praktijk te krijgen van hoe de Nederlandse nucleaire keten functioneert en wat de positie van het PALLAS-programma daarin is, wordt voor dit onderzoek een reeks gesprekken gevoerd met experts en vertegenwoordigers van organisaties die een rol spelen in de Nederlandse nucleaire keten. Verschillende organisaties en personen die in de Nederlandse nucleaire keten een rol spelen zijn benaderd, waaronder toezichhouders, ministeries, toeleveranciers, kennisinstututen en internationale experts. Tabel 2.1 geeft een overzicht.

Doordat deze partijen vanuit uiteenlopende perspectieven spreken, variërend van vergunningverlening tot civiele uitvoering en internationale vergelijking, kunnen we een helder beeld creëren over hoe PALLAS in de praktijk bijdraagt aan kennisopbouw, risicobeheersing en het functioneren van het ecosysteem. Daarnaast stelt het ons in staat om aannames, randvoorwaarden en externe factoren expliciet te maken en om beter af te bakenen wat wel/niet aan PALLAS is toe te schrijven. Deze inzichten worden vervolgens gebruikt in de scenarioanalyse.

De interviews zijn uitgevoerd aan de hand van een semigestructureerde vragenlijst waardoor de mogelijkheid bestaat structuur aan te brengen in de gegevens die verzameld worden, terwijl er binnen het gesprek voldoende ruimte overblijft om door te vragen op de antwoorden van de gesprekspartners.

Tabel 2.1 Gesproken personen en organisaties binnen dit onderzoek

Organisatie	Personen	Focus van het gesprek
Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS)	Marco Brugmans en Rick Bulk	Toezichhouder: Vergunningverlening, toezicht, veiligheid
VDL KTI	Dorus van Leeuwen	Toeleverancier, kennisopbouw
Urenco	Ad Louter	Kennispositie NL, strategische autonomie, R&D
Ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG)	Martijn Schut	Governance, projectvoorbereiding, aanbesteding
Zelfstandig adviseur	Rüdiger König	Internationale nucleair expert, Europese bouwervaring, regulering, risicomangement
Électricité de France (EDF)	Sylvain Takenouti	Internationale praktijkervaring met nucleaire nieuwbouw, met nadruk op leereffecten en risicoreductie
Allseas	Stephanie Heerema	Kennispositie NL, spin-offs, R&D, innovatie-ecosysteem

2.3 Scenarioanalyse

De scenarioanalyse gebruiken we om de maatschappelijke waarde van (mogelijke) versnelling of het voorkomen van vertraging bij de realisatie van twee nieuwe kerncentrales kwantitatief zichtbaar te maken. De analyse is geen voorspelling van één uitkomst die het meest waarschijnlijk is, maar een set van mogelijke varianten rondom een referentiepad (het nulscenario) waarmee we de bandbreedte en orde-grootte van de effecten inzichtelijk maken.

Methodisch werken we met één nulscenario en meerdere alternatieve scenario's waarin uitsluitend de timing van de activiteiten verschuift. Alle overige uitgangspunten (prijzen, technologie, beleid en operationele omstandigheden) houden we gelijk om zo het tijdseffect zuiver te kunnen isoleren. In elk scenario verschuiven we de operationele kasstromen in de tijd. Bij een snellere ingebruikname beginnen opbrengsten eerder en is kapitaal korter vastgelegd (zonder dat daar opbrengsten tegenover staan). In de analyse vergelijken we het nulscenario met scenario's waarin de ingebruikname van de kerncentrales één, twee of drie jaar eerder plaatsvindt.

3 Kwalitatieve baten van het PALLAS-project

Naast financiële en kwantitatief meetbare effecten kent PALLAS baten die vooral tot uiting komen in publieke waarde en strategische betekenis. Dit hoofdstuk brengt deze belangrijkste kwalitatieve baten van het PALLAS-project in kaart.

3.1 Een waardevolle leerervaring

Uit de interviews komt een breed gedragen oordeel naar voren dat PALLAS de afgelopen jaren een unieke leerervaring heeft opgeleverd voor vrijwel alle betrokken partijen. Voor het eerst sinds de bouw van de Kerncentrale Borssele is in Nederland weer een compleet nucleair project doorlopen. Van veiligheidsdocumentatie en vergunningverlening tot engineering, contracting en daadwerkelijke bouw. Deze cyclus heeft de sector actief laten kennismaken met hedendaagse nucleaire kwaliteitsnormen, internationale audits, complexe documentatie-eisen en intensieve interacties met de toezichthouder. Hierdoor is niet alleen technische kennis opgebouwd, maar vooral ook de praktijkervaring die noodzakelijk is om toekomstige kernenergieprojecten doorlopend te kunnen ondersteunen, en die zich pas volledig ontwikkelt wanneer ontwerp en uitvoering in de praktijk samenkomen. De internationale praktijk wijst erop dat het leereffect van nucleaire projecten niet beperkt blijft tot de voorbereidingsfase, maar zich verder verdiept tijdens de bouw, wanneer ontwerpkeuzes, kwaliteitsborging en uitvoering in de praktijk samenkomen.

Voor de Nederlandse context is PALLAS daarmee meer dan een bouwproject. Het fungeert als een zeldzame, praktijkgerichte leercasus waarin vrijwel alle onderdelen van een modern nucleair traject worden doorlopen. Respondenten geven aan dat deze kennis zonder PALLAS op dit moment vrijwel geheel zou hebben ontbroken. De lange periode zonder nieuwe nucleaire projecten had ervoor gezorgd dat routines, kwaliteitsprocessen en organisatorische reflexen grotendeels waren verdwenen. PALLAS heeft deze infrastructuur opnieuw gecreëerd, waardoor toeleveranciers, de toezichthouder en de overheid nu beschikken over mensen die recent en aantoonbaar ervaring hebben opgedaan met complexe nucleaire trajecten.

De leerervaring zit op meerdere niveaus. Bij toezichthouder en betrokken overheden gaat het om praktische kennis over vergunningverlening en toezicht. Kennis over welke informatie in welke fase nodig is, welk detailniveau noodzakelijk is, waar de grootste beoordelings- en uitvoeringsrisico's zitten en hoe toezicht georganiseerd moet worden. In gesprekken wordt benadrukt dat het doorlopen van de volledige keten, van vooroverleg en dossieropbouw tot en met toezicht op de bouw, kennis oplevert die niet zomaar uit gecodificeerde literatuurkennis opgedaan kan worden. Daar is praktijkervaring voor nodig.

Aan de marktzijde gaat het om leren werken binnen nucleaire kwaliteitsregimes, met strikte documentatie, traceerbaarheid en (informatie)beveiliging. Het effect daarvan is dat partijen beter begrijpen welke disciplines en capaciteit gedurende langere tijd moeten worden gereserveerd (engineering en projectmanagement bijvoorbeeld), en dat zij een realistischer verwachtingspatroon opbouwen over doorlooptijden en iteraties.

Deze leerervaring heeft een bredere waarde dan enkel die die voortvloeit uit het hebben van een *state-of-the-art* reactor voor medische isotopen (impact pathway leveringszekerheid in figuur 2.1). Deze gezamenlijke leerervaring levert gedeelde praktijkkennis op bij overheid, toezichthouder en toeleveranciers, waardoor toekomstige nucleaire

projecten met een realistischer beeld van functies, doorlooptijden en knelpunten kunnen starten. Daarmee wordt Nederland minder afhankelijk van het buitenland en ontstaat een fundament om ook nieuwe initiatieven rondom kernenergie (inclusief trajecten rond SMR's en advanced reactors zoals Thorizon) te starten.

3.2 Risicoreductie als belangrijk neveneffect

Hoewel geïnterviewden terughoudend zijn om concrete schattingen te geven van de tijdswinst die PALLAS zou kunnen opleveren, bestaat er brede consensus dat het programma kan bijdragen aan risicoreductie. Die risicoreductie gaat minder over gemiddeld sneller bouwen, maar meer over minder verrassingen en minder vertragingsscenario's. Internationale praktijkervaring bevestigt dat juist de kans op uitzonderlijk lange vertragingen bepalend is voor kosten en reputatieschade bij nucleaire projecten, en dat recente projectervaring deze kans kan verkleinen. Deze verwachting wordt ondersteund door internationale literatuur, waaruit blijkt dat bij opeenvolgende kernenergieprojecten leereffecten optreden die zich vooral vertalen in betere beheersing van risico's en een lagere kans op extreme vertragingen (OECD-NEA, 2020). In internationale nieuwbouwprojecten blijkt juist de onzekerheid over de kans op grote herontwerpen, vertragingen door kwaliteitsissues of langdurige afstemming tussen aanvrager en toezichthouder een bepalende bron van kosten en reputatieschade. De ervaringen rondom PALLAS helpen om zulke uitkomsten eerder te signaleren of te voorkomen, omdat technische en organisatorische vraagstukken nu al een keer zijn langsgelopen in een Nederlandse context.

De kans op extreme uitloopscenari'o's is daarmee kleiner geworden, omdat veel onzekerheden die normaal gesproken pas tijdens de vergunning- of voorbereidingsfase aan het licht komen reeds een keer zijn opgedoken. Dat geldt zowel voor technische vraagstukken als voor governance, rolverdeling, planning, kwaliteitsborging en de interactie met internationale leveranciers.

Een nuttige manier om dit te duiden is via de spreiding van risico's. In plaats van één vast pad met een vaste doorlooptijd, bestaat een project in de praktijk uit een bandbreedte waarin sommige stappen soepel verlopen en andere juist uitlopen. In de interviews wordt aangegeven dat PALLAS die bandbreedte smaller kan maken. Niet doordat elke stap ineens in het minimum van de planning past, maar doordat de kans op lange uitloop kleiner wordt. Het gaat er minder om dat een fase van twee jaar naar één jaar gaat, maar meer dat de onzekerheidsmarge rond de doorlooptijd – bijvoorbeeld variërend van circa twaalf maanden tot enkele jaren – kan krimpen. Dat effect ontstaat door een combinatie van factoren zoals: een beter begrip van nucleaire eisen bij leveranciers, meer routine in kwaliteitsborging en onafhankelijke toetsing, en een scherper beeld bij alle partijen van wat goed genoeg is in documentatie en verantwoording.

Economisch is dit relevant omdat risicoreductie direct kan doorwerken in financierbaarheid en kosten van kapitaal. Minder onzekerheid over planning en scope verlaagt de noodzaak voor hoge risicopremies bijvoorbeeld. Daarmee draagt PALLAS niet alleen bij aan mogelijke tijdswinst, maar mogelijk ook aan een gunstiger risicoprofiel voor toekomstige nucleaire projecten in Nederland.

3.3 Waarde ligt met name vóór de bouw

Een belangrijk inzicht uit de interviews is dat een belangrijk deel van de waarde van PALLAS zichtbaar wordt in de periode vóór de daadwerkelijke bouw van de nieuwe kerncentrales. De voorbereiding van vergunningen, het structureren van vooroverleggen, het opstellen van veiligheidsdocumentatie en het afstemmen van verwachtingen tussen toezichthouder en initiatiefnemer worden door PALLAS veel voorspelbaarder. Omdat de ANVS en andere

betrokken organisaties nu werken met processen en kwaliteitskaders die in de praktijk zijn getest, is het waarschijnlijk dat discussies en toetsingen minder iteratief en daardoor minder tijdrovend verlopen. PALLAS fungeert als een concrete casus waarmee zowel initiatiefnemer als toezichthouder beter leren wat in welke fase nodig is, waardoor het proces in toekomstige projecten minder zoekend en minder iteratief hoeft te verlopen.

Deze voorspelbaarheid is niet alleen relevant voor grootschalige nieuwbouwreactoren. In het verlengde hiervan geven respondenten aan dat PALLAS ook relevant is voor de ontwikkeling van nucleaire toepassingen zoals SMR's en advanced reactors, mede in het licht van knelpunten zoals netcongestie en de beperkte beschikbaarheid van elektriciteit en energie voor de industrie. In dat kader worden SMR-concepten genoemd die zowel elektriciteit als hoge-temperatuurwarmte kunnen leveren en zo kunnen bijdragen aan het verduurzamen van industriële processen. Tegelijkertijd wordt benadrukt dat recente Nederlandse praktijkervaring met vergunningverlening en veiligheidsdocumentatie, en de bijbehorende interactie met de toezichthouder, een belangrijke randvoorwaarde is om dergelijke trajecten goed te kunnen starten.

Voor de toezichthouder zit de winst in het explicieter kunnen maken van verwachtingen. Bijvoorbeeld welke onderbouwingen zijn cruciaal, welke analyses zijn nodig en hoe kan toetsing zo worden ingericht dat veiligheid geborgd is zonder onnodige herhalingen. Voor de initiatiefnemer en projectorganisatie gaat het om het opbouwen van een kennisbasis aan werkwijzen, kwaliteitsplannen en organisatorische governancevraagstukken die aansluiten bij de Nederlandse praktijk. Daarmee worden ramingen en planningen realistischer, en kan capaciteit (mensen, adviseurs, keuringinstanties) eerder en gericht worden ingepland.

Ook aan de marktzijde is de voorbereiding realistischer geworden. Leveranciers hebben ervaring opgedaan met nucleaire certificering, documentatie-eisen en kwaliteitsregimes. Daardoor kunnen zij beter inschatten wat haalbaar is en welke risico's realistisch zijn. Respondenten geven aan dat dit de kwaliteit van ramingen en planningen aanzienlijk verbetert. Dit verkleint de kans op mislukte aanbestedingen, heronderhandelingen of onverwachte faalmechanismen tijdens de uitvoering. Tegelijkertijd geven respondenten aan dat het leereffect van PALLAS zich niet beperkt tot de voorbereidingsfase, maar ook ontstaat tijdens de bouw, wanneer ontwerp, kwaliteitsborging en uitvoering in de praktijk samenkomen en aanvullende ervaring wordt opgedaan die relevant is voor toekomstige projecten.

3.4 Versterking van human capital & innovatie-ecosysteem

Als gevolg van PALLAS is een nieuwe generatie nucleaire professionals opgeleid. Het gaat met name om engineers, veiligheidsdeskundigen, vergunningenspecialisten, kwaliteitsmanagers en projectleiders die ervaring hebben opgedaan in een echte nucleaire bouwomgeving. Dit wordt door vrijwel alle respondenten genoemd als een waardevolle opbrengst van PALLAS. Die opgedane kennis is schaars en kan niet snel worden ingehaald vanuit theorieën of gecodificeerde kennis, het vraagt om praktijkervaring. Voor een land dat zijn nucleaire capaciteit wil uitbreiden is deze vorm van human capital een randvoorwaarde om vooruitgang te boeken.

De versterking van human capital gaat hand in hand met een versterking van de nucleaire keten. Leveranciers die betrokken zijn geweest bij PALLAS hebben geïnvesteerd in bijvoorbeeld nucleaire kwaliteitsnormen, traceerbaarheid of beveiliging van ontwerp- en fabricage-informatie. Zodoende heeft PALLAS bijgedragen aan het versterken van het bredere ecosysteem. Verschillende toeleveranciers konden dankzij PALLAS toetreden tot de nucleaire sector of bestaande competenties uitbreiden. Toezichthouder en overheid hebben hun processen aangescherpt en beter afgestemd, waardoor er meer duidelijkheid bestaat over verwachtingen en toetsing.

Bovendien is de Nederlandse industrie nu beter voorbereid en beschikt over meer partijen die kunnen meedingen naar nucleaire projecten waardoor opdrachten over meer aanbieders kunnen worden verdeeld, wat uiteindelijk de prijs en kwaliteit weer ten goede komt.

Internationale ervaring laat zien dat vaardigheden in de nucleaire toeleveringsketen snel verloren gaan wanneer zij niet structureel worden ingezet in opeenvolgende projecten, wat het belang van continuïteit in de nucleaire bouwpraktijk onderstreept. Tegelijkertijd zijn bedrijven terughoudend met substantiële investeringen in nucleaire kwalificaties, processen en personeel wanneer daar geen structureel perspectief op vervolgoopdrachten tegenover staat. In dat licht ontstaat de maatschappelijke waarde van PALLAS met name wanneer de opgebouwde kennis, vaardigheden en ketenervaring daadwerkelijk kunnen doorwerken naar volgende nucleaire projecten.

Het behoud van deze kennis is wel een punt van zorg. Omdat PALLAS zich in de realisatiefase bevindt en het aantal projectgebonden functies op termijn afneemt, bestaat het risico dat deze expertise versnipperd raakt of het land verlaat. Dit onderstreept het belang van tijdige doorstroming van personeel richting de toekomstige nucleaire projecten. Zonder die overgang gaat een deel van de opgebouwde waarde verloren.

In bredere zin betekent dit dat PALLAS niet alleen waarde creëert via afzonderlijke leerervaringen of tijdelijke capaciteitsopbouw, maar ook bijdraagt aan de randvoorwaarden waaronder toekomstige nucleaire projecten in Nederland kunnen worden voorbereid en uitgevoerd. Door het opnieuw opbouwen van routines, expertise en werkwijzen rond vergunningverlening, kwaliteitsborging en projectvoorbereiding zijn vervolgprojecten beter te initiëren en te beoordelen. Dit geldt niet alleen voor grootschalige kerncentrales, maar ook voor andere nucleaire toepassingen, zoals SMR's en advanced reactors. Daarmee draagt PALLAS bij aan een duurzaam fundament voor het Nederlandse nucleaire ecosysteem. De waarde daarvan komt pas volledig tot uiting wanneer de opgebouwde kennis en kunde daadwerkelijk wordt benut in vervolgprojecten en niet versnipperd raakt na afronding van het project.

4 Scenarioanalyse van tijdswinst en risicoreductie

Scenarioanalyses geven inzicht in de baten van mogelijk risicoreductie en tijdswinst. Uit de scenarioanalyses volgt dat bij één tot drie jaar minder uitloop tijdens de bouw de contante financiële baten variëren van 1 tot 6 miljard euro liggen.

4.1 Uitwerking en parameters

Het kabinet is voornemens om in totaal vier nieuwe kerncentrales te bouwen. In 2022 is gestart met de voorbereiding van de bouw van de eerste twee kerncentrales. In 2024 heeft het kabinet besloten dat daar mogelijk nog twee kerncentrales aan worden toegevoegd. Over deze uitbreiding moeten de Tweede en Eerste Kamer nog een besluit nemen. In het nulscenario wordt daarom uitgegaan van twee kerncentrales.

Voor de scenario's worden de belangrijkste uitgangspunten en parameters vastgesteld op basis van (inter)nationale literatuur, waaronder investeringskosten, bouwtijd, levensduur en benuttingsgraad. Bij het uitwerken en vaststellen van het nulscenario is gebruikgemaakt van internationale referentiewaarden die breed worden gedragen in de literatuur. Daarbij is onder meer geput uit de Markconsultatie Kernenergie (KPMG, 2021), de World Nuclear Industry Status Report 2024 (WNISR, 2024), de NEA Annual Reports (OECD-NEA, 2020; 2022), Berenschot (2020) en Veenstra et al. (2022). De vastgestelde scenarioparameters zijn vervolgens in gesprekken met betrokken experts getoetst en eventueel aan de hand van deze inzichten bijgesteld.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de belangrijkste scenarioparameters waarmee gerekend wordt. Voor de totale benodigde investeringsuitgaven voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales – waaronder engineering, equipment, civiele werken, installaties, projectmanagement en vergunningen – wordt uitgegaan van een bedrag per megawatt. Internationale referentiewaarden uit de literatuur, gebaseerd op ramingen en ex-ante kostenanalyses van Europese nieuwbouwreactoren, liggen in de orde van grootte van circa 6,8 miljoen euro per megawatt. Uitgaande van reactoren met een vermogen van 1.500 megawatt komt dit neer op een CAPEX van circa 10 miljard euro per reactor. Dit ligt aan de optimistische kant van de in de literatuur gehanteerde bandbreedte en sluit aan bij aannames die in gesprekken als plausibel zijn aangemerkt.

De bouwtijd in het nulscenario bedraagt tien jaar en fungeert als een ex-ante referentiepad, in lijn met aannames die veelvuldig worden gehanteerd in internationale beleids- en systeemanalyses van kernenergieprojecten (OECD-NEA, 2020; Berenschot, 2020; Veenstra et al., 2022). Internationale ervaringen laten zien dat vertragingen frequent voorkomen (KPMG, 2021; WNISR, 2024; OECD-NEA, 2020); daarom veronderstelt het nulscenario een effectieve bouwtijd van 13 jaar. Voor ieder jaar dat de bouwfase uitloopt stijgen de totale investeringskosten. In lijn met voorgaande projecten ramen we de op 5 á 10 procent van de initiële investeringskosten voor ieder jaar dat de bouwfase uitloopt.

De operationele levensduur wordt op zestig jaar gesteld, met een gemiddeld benuttingspercentage van 85 procent als bewust conservatieve aanname binnen de bandbreedte die in internationale beleids- en systeemstudies wordt

gehanteerd (OECD-NEA, 2020; IEA, 2023). De kostenstructuur volgt gangbare waarden in de literatuur en bestaat uit een combinatie van vaste en variabele operationele kosten, aangevuld met kosten voor brandstof en afvalverwerking.

De veronderstellingen met betrekking tot de elektriciteitsprijs zijn gebaseerd op historische gemiddelde marktprijzen in Nederland en op toekomstscenario's van TNO (Sijm et al., 2022). De elektriciteitsprijzen waren relatief laag vóór de pandemie in 2021 en het begin van het conflict in Oekraïne in 2022. Sindsdien is sprake van een duidelijke toename in zowel prijsniveau als volatiliteit. Het hanteren van een eenvoudig historisch gemiddelde is om die reden geen geschikte benadering. Sijm et al. (2022) ontwikkelen elektriciteitsprijsscenario's die uitkomen op een prijs van 73 euro per MWh, wat aansluit bij de opwaartse trend die sinds 2022 wordt waargenomen. In deze studie wordt hierbij aangesloten.

Alle kasstromen worden verdisconteerd met een sociale discontovoet van 2,8 procent, in lijn met de Nederlandse MKBA-leidraad en het recent vastgestelde percentage van de Werkgroep discontovoet (2025).

Tabel 4.1 Scenarioparameters vormen de input voor de doorrekening

Scenarioparameters	Nulscenario	Scenarioparameters (vervolg)	Nulscenario
CAPEX (mln. eur/MW)	6,8	Uitloopkosten (% van CAPEX p/jaar)	2,5-10%
Vaste OPEX (eur/MW/jaar)	90.000	Exploitatietijd in jaren	60
Variabele OPEX (eur/MWh)	6,0	Benuttingsgraad van centrale	85%
Brandstofkosten (eur/MWh)	7,0	Aantal reactoren	2
Afvalkosten (eur/MWh)	2,0	Electriciteitsprijs in eur/MWh	73
Netto vermogen in MW	1.500	Discontovoet	2,8%
Bouwtijd (incl. 30% vertraging)	10 jaar (13 jaar)	Ontmantelingskosten	15% van CAPEX

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Deze parameters zijn de basis voor het nulscenario. De resultaten bouwen hier direct op voort. In de berekeningen vergelijken we het nulscenario met scenario's waarin de ingebruikname van de kerncentrales één, twee of drie jaar eerder plaatsvindt.

Tot slot is van belang te benadrukken dat deze scenarioanalyse primair is ingericht om het tijdseffect (minder uitloop en/of eerdere ingebruikname) in financiële termen zichtbaar te maken, gegeven een vaste set aannames over investeringen, exploitatie en prijzen. Daarmee sluiten we aan bij de doelstelling van dit hoofdstuk, namelijk het kwantitatief inzichtelijk maken van tijdswinst, kostenvermindering en risicoreductie.

Niet alle maatschappelijke effecten van (snellere) realisatie van kerncentrales (kunnen) worden gemonetariseerd. Een deel van de effecten is onzeker, moeilijk toe te schrijven, of vraagt om aanvullende aannames (bijv. over verdringing in het elektriciteitssysteem, marginale emissiefactoren, of toekomstige beleids- en prijsontwikkelingen) die buiten de afbakening van deze doorrekening vallen. In deze studie nemen we daarom niet alle potentiële maatschappelijke baten mee, maar beperken we ons tot de effecten die direct in de kasstromen van het project zichtbaar worden.

Een concreet voorbeeld is het effect dat snellere nucleaire elektriciteitsopwekking kan hebben op CO₂-emissies in Nederland als gevolg van een veranderde energiemix. Als kerncentrales eerder operationeel zijn, kan (afhankelijk

van de marktsituatie en de energiemix) fossiele energieopwekking eerder worden verdrongen en dalen de emissies. Deze klimaatbaten bestaan daarmee wel, maar worden in de hier gepresenteerde monetaarisering niet expliciet gewaardeerd en dus niet opgeteld bij de uitkomsten. Dit betekent dat de gepresenteerde (gemonetariseerde) baten naar verwachting een onderschatting vormen van de totale maatschappelijke baten.

4.2 Het nulscenario

Tabel 4.2 laat zien dat het nulscenario sterk afhankelijk is van de hoogte van de uitloopkosten, in zoverre dat deze bepalend is of de netto contante waarde positief dan wel negatief uitvalt. Bij uitloopkosten van 2,5 procent per jaar (van de totale initiële investering) bedraagt de netto contante waarde 1.650 miljoen euro, bij 10 procent per jaar is dat -1.740 miljoen euro, oftewel een verlies. In de praktijk is het echter niet waarschijnlijk dat de uitloopkosten per jaar 10 procent of meer zullen zijn, terwijl 2,5 procent in de praktijk waarschijnlijk een ondergrens is (KPMG, 2021). Omdat uitloopkosten hier een percentage van de totale initiële investering zijn, is 10 procent per extra bouwjaar in de praktijk onwaarschijnlijk. Een groot deel van de CAPEX (o.a. civiele werken zoals beton/cement en installaties) is immers al vastgelegd of uitgevoerd, waardoor vertraging niet nog eens jaarlijks zo'n groot extra bedrag boven op het totaal oplevert. Een realistische waarde ligt vermoedelijk ergens binnen deze bandbreedte.

Verder is aan de kostenzijde vooral de CAPEX bepalend (rond 20 miljard euro), gevolgd door vaste en variabele OPEX (inclusief brandstof- en afvalstoffen samen ongeveer 12,5 miljard euro). Brandstof- en afvalkosten dragen naar verhouding slechts beperkt bij aan de totale kosten. Daartegenover staat een totale omzet die over de gehele exploitatietijd zo'n 33,8 miljard euro bedraagt. Aan het einde van de levensduur resteren de ontmantelingskosten van 408 miljoen euro.

Tabel 4.2 Netto contante waarde nulscenario (in mld. euro)

Contante waarden in mld. euro	Nulscenario	Nulscenario
Uitloopkosten (% van CAPEX p/j)	(2,5%)	(10%)
CAPEX (incl. uitloopkosten)	-19,22	-22,62
Vaste OPEX	-5,60	-5,60
Variabele OPEX	-2,78	-2,78
Brandstofkosten	-3,24	-3,24
Afvalkosten	-0,93	-0,93
Omzet	33,84	33,84
Ontmantelingskosten	-0,41	-0,41
Netto contante waarde	1,65	-1,74

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Belangrijk is dat de omzet en de operationele kosten (vaste en variabele OPEX) betrekking hebben op de volledige exploitatietijd van 60 jaar en dus als een reeks jaarlijkse kasstromen zijn meegenomen en verdisconteerd naar vandaag. Daarbij zijn alle kasstromen contant gemaakt met een discontovoet van 2,8 procent.

De negatieve contante waarde bij 10 procent wordt veroorzaakt door de hogere kosten van uitloop. Bij 2,5 procent bedragen de uitloopkosten ruim 500 miljoen euro per jaar, en bij 10 procent bedragen die ongeveer 2 miljard euro per jaar. Bij 3 jaar uitloop van de bouwfase zoals in het nulscenario wordt verondersteld, betekent dat na discontering een verschil van grofweg 3,4 miljard euro.

Het wel of niet break-even uitkomen van het nulscenario en de netto contante waarde van het nulscenario is voor de reikwijdte van deze studie op zichzelf minder informatief. Deze uitkomst is sterk afhankelijk van aannames en contextuele parameters die in de toekomstige praktijk anders kunnen uitvallen, zoals investeringskosten, bouwtijd, benuttingsgraad, financieringscondities en toekomstige elektriciteitsprijzen.

Dat geldt in zekere mate ook voor de uitkomsten van de alternatieve scenario's. Om die reden richt deze studie zich niet op het absolute niveau van de netto contante waarde, maar op de verschillen daarvan tussen het nulscenario en alternatieve (versnellings)scenario's. Deze verschillen zijn niet volledig ongevoelig voor aannames, maar geven bij een consistente set uitgangspunten wel inzicht in de orde van grootte en richting van het effect van versnelling en risicoreductie.

4.3 Versnellingsscenario's

Nu het nulscenario is opgezet als referentiepunt, kunnen scenario's worden doorgerekend die op specifieke onderdelen afwijken van dit nulscenario. Het nulscenario beschrijft de basisdoorrekening van twee nieuw te bouwen kerncentrales, met een consistente set aannames over investeringen, exploitatie en opbrengsten. In de alternatieve scenario's wordt uitsluitend de timing aangepast, zodat het effect van versnelling en risicoreductie zo veel mogelijk kan worden geïsoleerd.

Het totale realisatietraject van een kerncentrale bestaat uit twee duidelijk te onderscheiden fasen. De eerste fase betreft de periode vóór de start van de bouw ($t=0$), waarin vergunningverlening, ontwerp, contractvorming en organisatorische voorbereiding plaatsvinden. De tweede fase betreft de bouwphase zelf, vanaf $t=0$ tot ingebruikname. In het nulscenario bedraagt de geplande bouwtijd 10 jaar, met een additionele uitloop van 3 jaar als gevolg van vertragingen, resulterend in een effectieve bouwtijd van 13 jaar.

Het PALLAS-programma kan in beide fasen tot versnelling en risicoreductie leiden, zij het via verschillende mechanismen. Op basis van literatuuronderzoek en interviews onderscheiden wij daarom 2 typen afwijkingen van het nulscenario die plausibel aan het leereffect van PALLAS kunnen worden toegeschreven:

1. Minder uitloop tijdens de bouwphase

Door betere voorbereiding, meer ervaring met nucleaire kwaliteitsnormen en minder verrassingen tijdens uitvoering van de bouw neemt de kans op vertragingen gedurende de bouwphase af. Dit leidt tot een eerdere ingebruikname (één jaar of meer) ten opzichte van het nulscenario met minder uitloopkosten en een vervroegde start van de exploitatiefase tot gevolg.

2. Kostenbesparingen door een kortere voorbereidingsfase

Het leereffect van PALLAS kan ertoe leiden dat vergunningverlening, dossieropbouw en afstemming efficiënter verlopen, waardoor de start van de bouw één tot enkele jaren eerder kan plaatsvinden. Dit effect vertaalt zich niet zozeer in tijdwinsten gedurende de bouwphase, maar vooral in lagere voorbereidingskosten door een kortere inzet van projectorganisatie en toezicht.

Deze 2 mechanismen worden in de volgende paragrafen afzonderlijk uitgewerkt, zodat de impact per kanaal inzichtelijk kan worden gemaakt. In Hoofdstuk 5 Conclusie tellen we de afzonderlijke effecten bij elkaar op.

4.3.1 Minder uitloop van het bouwproject

Door het leereffect van PALLAS is de verwachting dat de onzekerheden rondom de bouw van toekomstige kerncentrales kleiner is. PALLAS fungeert als een *first-of-a-kind* (FOAK) traject waarin partijen ervaring opdoen met vergunningen, ontwerpkeuzes, contractvorming, projectgovernance en kwaliteitsborging. Die opgedane kennis en routines kunnen bij een volgende bouwopgave worden hergebruikt, waardoor onzekerheden eerder worden gesignaleerd en beter worden beheerst. In dit scenario veronderstellen we daarom niet zozeer een volledig ander project, maar vooral een project met minder verrassingen en minder verstoringen die tot vertraging kunnen leiden.

Concreet betekent dit dat de kans op (extreme) uitloop tijdens de bouw kleiner wordt. In plaats van één vaste gerealiseerde bouwtijd werken we met een bandbreedte aan mogelijke uitkomsten: van veel uitloopt tot geen uitloop in de bouwfase. Als PALLAS leidt tot betere voorbereiding en uitvoering van de bouw van toekomstige centrales, neemt vooral de kans op uitzonderlijk grote vertragingen af. Uitzonderlijk grote uitlooptijden komen daarmee minder vaak voor. De spreiding rond de gerealiseerde bouwtijd neemt af, wat de voorspelbaarheid en planbaarheid van het bouwproces vergroot.

Het blijft echter lastig om deze tijdsinstroom nauwkeurig in jaren vast te pinnen. De uiteindelijke bouwduur hangt ook af van factoren zoals marktomstandigheden, leveringsketens, besluitvorming en onvoorziene technische kwesties. Daarom werken we met meerdere versnellingsscenario's (van één, twee of drie jaar eerder in bedrijf) in plaats van één puntinschatting. Zo laten we zien welke financiële impact een kleinere kans op uitloop kan hebben.

In de berekeningen vergelijken we het nulscenario met scenario's waarin de ingebruikname van de kerncentrales één, twee of drie jaar eerder plaatsvindt. Dat heeft 2 belangrijke financiële gevolgen:

1. Door minder vertragingen gedurende de bouwfase dalen de totale investeringskosten, doordat het uitlopen van de bouwfase kosten met zich meebrengt.
2. De operationele kasstromen verschuiven in de tijd. Doordat de exploitatiefase eerder start beginnen de inkomsten eerder en wordt de periode waarin kapitaal is vastgelegd zonder opbrengsten korter.

Tabel 4.3 laat zien hoe de uitkomsten veranderen wanneer de ingebruikname van de kerncentrales één, twee of drie jaar eerder plaatsvindt door minder uitloop van de bouwfase. In deze doorrekening refereert $t=0$ aan de start van de bouw. De duur van de bouwfase vanaf de investering in $t=0$ daalt daarbij van 13 jaar (operationeel in $t=13$) naar 12 jaar ($t=12$), 11 jaar ($t=11$) en 10 jaar ($t=10$). In iedere variant zijn de *initiële* investeringskosten (CAPEX) gelijk, ongeveer 20,4 miljard, maar verdisconteerd. De *totale* investeringskosten variëren over de verschillende scenario's, doordat in scenario's waar de bouwfase 1-3 jaar uitloopt additionele uitloopkosten ontstaan.

In het nulscenario is de uitloop van de bouwfase 30 procent, terwijl dat in de versnellingsscenario's 20, 10 of 0 procent, corresponderend met een verkorte bouwtijd van één, twee of drie jaar. Daardoor verandert de contante waarde van de CAPEX (initiële investeringskosten + eventuele uitloopkosten), alle operationele posten, zowel de omzet als operationele lasten (OPEX) en andere exploitatielasten worden in contante termen groter.

Per saldo verbetert de netto contante waarde van -1,74 tot 1,65 miljard euro in het nulscenario naar 0,31-2,60, 2,41-3,58 en 4,58 miljard euro in versnellingsscenario 1, 2 en 3, respectievelijk. In het scenario waarin de bouwfase 3 jaar sneller wordt doorlopen, en dus geen uitloop van de bouwfase meer is, bestaat geen bandbreedte van de totale investeringskosten, doordat er geen additionele uitloopkosten bestaan.

Het verschil tussen de scenario's valt te verklaren door het timing- en disconteringseffect. In ieder versnellingsscenario worden de operationele kasstromen (baten én lasten) naar voren geschoven, waardoor ze minder sterk worden verdisconteerd en dus zwaarder meetellen in de contante waarde. Dat zie je terug in tabel 4.3, niet alleen de omzet stijgt in contante waarde, maar ook variabele kosten zoals variabele OPEX, brandstof en afval. Bovendien komen de ontmantelingskosten wat dichterbij en worden daarmee ook iets groter in contante waarde. Het netto-effect blijkt positief omdat de extra contante omzet door de start van de exploitatiefase groter is dan de extra contante exploitatiekosten.

Tabel 4.3 Bouwscenario's met minder uitloop halen toekomstige opbrengsten naar voren (in mld. euro)

	Nulscenario	1 jaar minder uitloop	2 jaar minder uitloop	3 jaar minder uitloop
Bouwtijd vanaf t = 0 Operationeel in t = ...	13 jaar t = 13	12 jaar t = 12	11 jaar t = 11	10 jaar t = 10
CAPEX (incl. uitloopkosten)	-19,22 tot -22,62	-18,86 tot -21,15	-18,48 tot -19,64	-18,09
Vaste OPEX	-5,60	-5,76	-5,92	-6,09
Variabele OPEX	-2,78	-2,86	-2,94	-3,02
Brandstofkosten	-3,24	-3,34	-3,43	-3,52
Afvalkosten	-0,93	-0,95	-0,98	-1,01
Omzet	33,84	34,78	35,76	36,76
Ontmantelingskosten	-0,41	-0,42	-0,43	-0,44
Netto contante waarde	-1,74 tot -1,65	0,31 tot 2,60	2,41 tot 3,58	4,58

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Een tweede verklaring volgt uit de lagere uitloopkosten in de scenario's met één tot drie jaar minder vertraging van de bouwfase. De uitloopkosten zijn geraamd op 2,5-10 procent van de initiële investeringskosten per jaar dat de bouwfase uitloopt. Dat wil zeggen circa 0,5-2 miljard euro per jaar. De eventuele kosten van uitloop zijn in tabel 4.3 samengevoegd met de initiële investeringskosten en vormen zo de totale CAPEX (exclusief ontmantelingskosten). Bij drie jaar minder vertraging, is er geen uitloop meer van de bouwfase, en daarmee ook geen uitloopkosten meer. Om die reden is er voor dat scenario geen bandbreedte van de totale investeringskosten (CAPEX), omdat de CAPEX enkel bestaat uit de initiële investeringskosten.

Tabel 4.4 vat de effecten samen met een overzicht van de delta (Δ) van de contante omzet, de totale investeringskosten (CAPEX incl. ontmantelingskosten) en het contante resultaat voor ieder van de versnellingsscenario's ten opzichte van het nulscenario.

Het laat zien dat versnelling via hogere (verdisconteerde) omzet doorwerkt. Bij één jaar minder vertraging neemt de omzet toe met 0,95 miljard euro, bij twee jaar met 1,92 miljard euro en bij drie jaar met 2,92 miljard euro. De totale investeringskosten dalen ook bij een kortere bouwfase. Afhankelijk van de uitloopkosten (2,5 of 10 procent) tussen de 0,36 en de 1,45 miljard euro bij een versnelling van één jaar. Bij een versnelling van twee of drie jaar loopt dit op tot 0,73-2,95, of 1,11-4,49 miljard euro.

Tabel 4.4 Delta's versnellingscenario's ten opzichte van het nulscenario (in mld. euro)

	Omzet	Δ t.o.v. nulscenario	CAPEX	Δ t.o.v. nulscenario	Resultaat = Omzet - CAPEX - OPEX	Δ t.o.v. nulscenario
0 Nulscenario <i>13 jaar bouwtijd</i>	33,84		19,63 - 23,03		-1,74 - 1,65	
1 1 jaar minder vertraging <i>12 jaar bouwtijd</i>	34,78	0,95	19,28 - 21,57	0,36 - 1,45	0,31 - 2,6	0,95 - 2,05
2 2 jaar minder vertraging <i>11 jaar bouwtijd</i>	35,76	1,92	18,91 - 20,07	0,73 - 2,95	2,41 - 3,58	1,93 - 4,16
3 3 jaar minder vertraging <i>10 jaar bouwtijd</i>	36,76	2,92	18,54	1,11 - 4,49	4,58	2,94 - 6,33

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Tabel 4.5 laat een uitsplitsing zien in delta tussen de verschillende versnellingscenario's. Het splits de totale delta op in twee componenten. De eerste is toe te schrijven aan lagere investeringskosten als gevolg van minder uitloop gedurende de bouwfase en de daarmee gepaarde gaande aanvullende uitloopkosten die dan gemaakt worden. De tweede betreft de vervoering van exploitatiefase waarmee toekomstige inkomsten daar voren worden gehaald.

De tabel laat zien dat, afhankelijk van de hoogte van de uitloopkosten (2,5 of 10 procent per jaar), de grootste component hierin de lagere totale investeringskosten (bij hoge procentuele uitloopkosten) of de vroegere omzet (bij lage procentuele uitloopkosten) zijn. Door het vervoegd optreden van de exploitatiefase is de contante omzet hoger.

De tabel laat daarnaast zien dat de financiële baten van een jaar minder vertraging groter zijn wanneer de vertraging terugloopt van drie naar twee jaar, dan van twee naar één jaar of van één jaar naar geen vertraging. Bij een langere vertraging is de contante waarde van versnelling van één jaar dus groter.

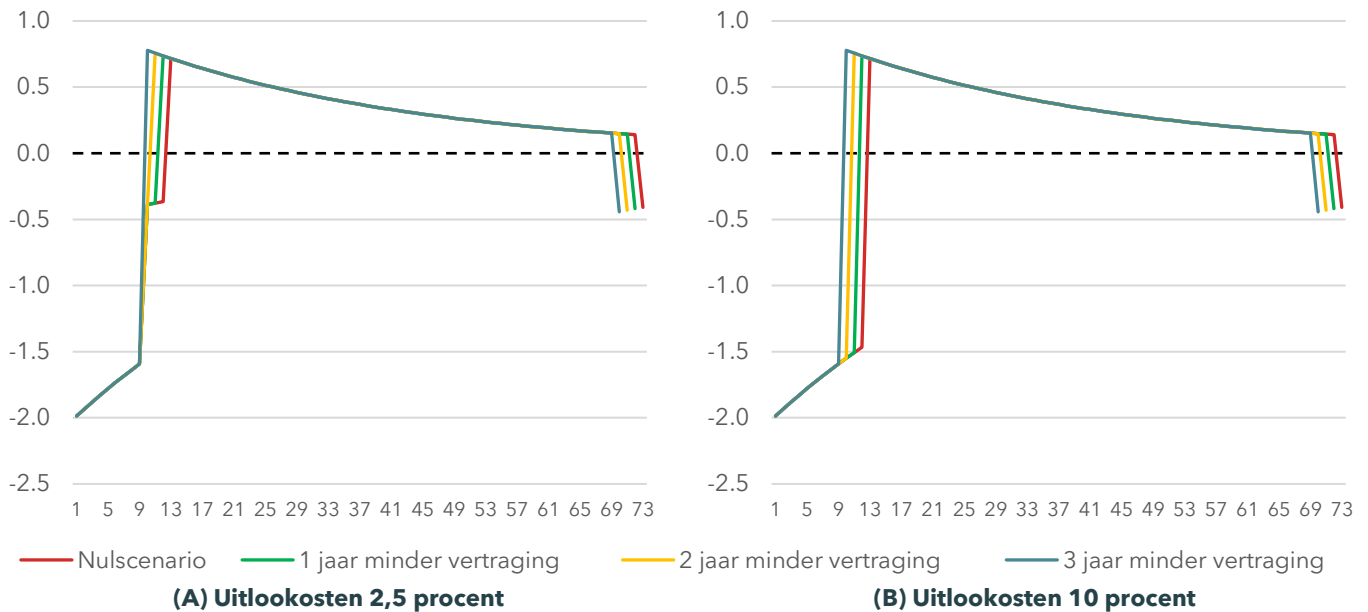
Tabel 4.5 Uitsplitsing van delta's voor verschillende versnellingscenario's (in mld. euro)

	Totale delta (CAPEX en exploitatie)	Delta investeringskosten (Uitloopkosten 2,5-10%)	Delta contante omzet (Vervoering exploitatie)
1 jaar minder vertraging <i>12 jaar bouwtijd</i>	0,95 - 2,05	0,36 - 1,45	0,60
2 jaar minder vertraging <i>11 jaar bouwtijd</i>	0,98 - 2,11	0,37 - 1,50	0,61
3 jaar minder vertraging <i>10 jaar bouwtijd</i>	1,01 - 2,17	0,38 - 1,54	0,63

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Figuren 4.2 en 4.3 tonen de ontwikkeling van de kasstromen en het cumulatieve resultaat door de tijd heen. De figuren starten in $t=1$, het eerste jaar van de bouw. Figuur 4.1 laat de jaarlijkse (verdisconteerde) kasstromen als omzet minus OPEX zien over de hele levensduur van de centrales. Tijdens de bouwfase is de omzet negatief door de bouw- en eventuele uitloopkosten van de bouw, waarna bij ingebruikname een positieve stroom begint (in het nulscenario start die later dan in de versnellingsvarianten). De eerste operationele jaren hebben de grootste contante waarde, waarna de jaarlijkse contante omzet geleidelijk afneemt door verdiscontering. Aan het einde is een negatieve kasstroom zichtbaar door ontmantelingskosten (ongeveer 400 miljoen euro in contante termen).

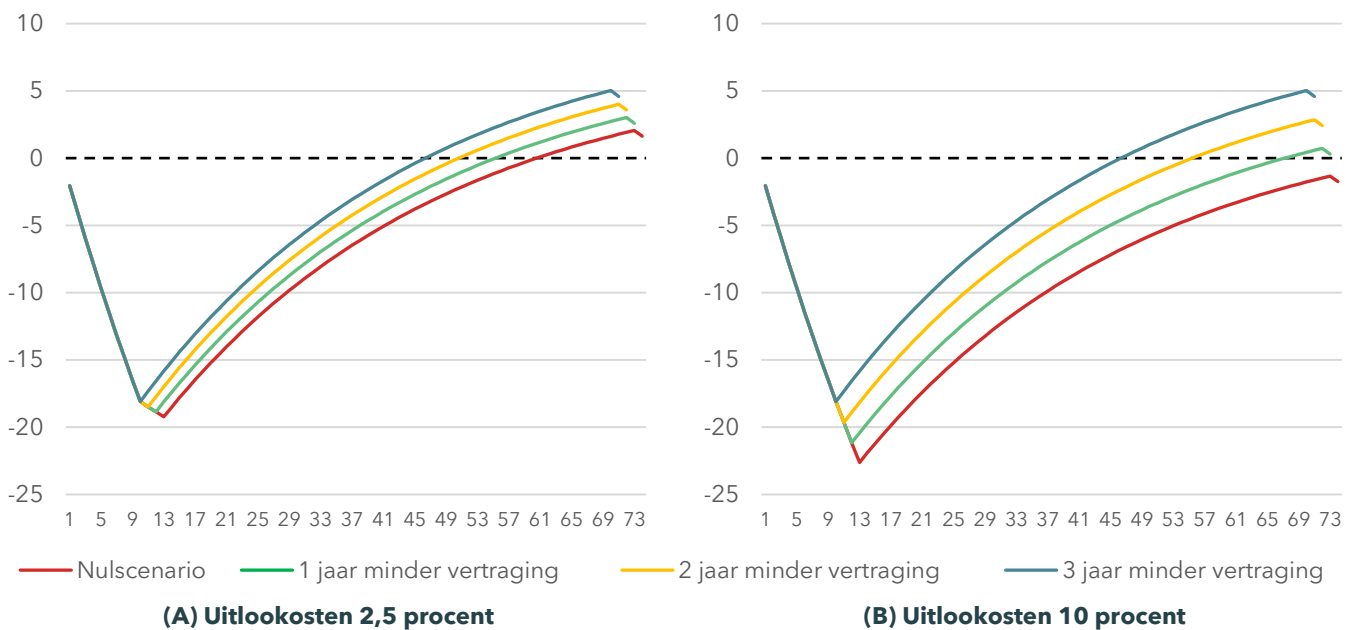
Figuur 4.1 Exploitatie per jaar voor verschillende scenario's (in mld. euro)



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Figuur 4.2 toont de cumulatieve contante kasstroom. Dit figuur start ook in $t=1$, maar het cumulatieve resultaat houdt ook rekening met de initiële investering en eventuele uitloopkosten gedurende de bouwfase. Vanaf de exploitatiefase loopt het cumulatieve resultaat op door de jaarlijkse opbrengsten. Bij minder uitloop tijdens de bouwfase stijgt dit eerder en wordt het break-even-punt sneller bereikt, ook het eindresultaat komt daardoor hoger uit.

Figuur 4.2 Cumulatief resultaat per jaar voor verschillende scenario's (in mld. euro)



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

4.3.2 Kostenbesparingen door een kortere voorbereidingsfase

Een eerder startmoment van de bouw, oftewel het naar voren halen van $t=0$ heeft onder meer een effect op de kosten die voor dat moment worden gemaakt. Dit effect is anders dan minder uitloop tijdens de bouw, omdat de grootste tijdswinst mogelijk optreedt in de fase vóór $t=0$. Tegelijk is dit ook het lastigst te kwantificeren. Wat betekent een eerdere start in de praktijk precies, en hoeveel tijdswinst is daarmee realistisch? De doorlooptijd wordt namelijk bepaald door een keten van voorbereidingsstappen, waarin meerdere partijen afhankelijk zijn van elkaars informatie, besluiten en beoordelingen.

Het PALLAS-programma levert naar verwachting een kennis en praktijkervaring op die relevant is voor de fase vóór $t=0$. Denk aan het opzetten van een projectorganisatie, het organiseren van kwaliteitsborging, het samenstellen van vergunningdossiers en het inrichten van de interactie met de toezichthouder. Door die leerervaring wordt het voortraject efficiënter. Partijen weten beter welke informatie nodig is, welke onderbouwingen nodig zijn en welke processtappen in welke volgorde doorlopen moeten worden.

Een belangrijk mechanisme daarbij is dat zowel de toezichthouder als de aanvrager beter op elkaar ingespeeld raken. De toezichthouder kan gericht specificeren wat zij wil zien, welke detailgraad nodig is en waar de grootste beoordelingsrisico's zitten. De aanvrager weet beter wat er moet worden aangeleverd en hoe dit het best kan worden gestructureerd. Hierdoor zijn minder iteraties, aanvullende vragenrondes en herzieningen nodig, en kunnen misverstanden sneller worden voorkomen. Dat vertaalt zich niet alleen in tijdswinst, maar ook in capaciteitsbesparingen zoals: minder inzet van de projectorganisatie (advies, engineering, dossierbeheer) en minder beoordelings- en afstemmingscapaciteit bij de toezichthouder.

Tabel 4.6 werkt de kostenbesparing vóór $t=0$ uit die mogelijk ontstaat door minder uitloop tijdens de bouwfase. Ter illustratie van de orde van grootte is PALLAS als projectorganisatie voor de bouw van een kerncentrale als voorbeeld genomen. In de uitvoering beschikt PALLAS over een projectorganisatie van ongeveer 150 mensen. Dit betreft een relatief compacte organisatie; projectorganisaties voor de bouw van grootschalige kerncentrales, zoals de toekomstige Nederlandse kerncentrales, zullen naar verwachting aanzienlijk groter zijn. De hier gehanteerde aannames zijn daarmee bewust conservatief en leiden tot een onderschatting van de potentiële kostenbesparingen.

Tabel 4.6 Kostenbesparing vóór $t=0$ (de start van de bouw) als gevolg van vervroegde start van de bouw

Start van de bouw (T=0)	Projectorganisatie	Toezichthouder	Totaal
1 jaar eerdere start	15,4 mln.	10,3 mln.	25,5 mln.
2 jaar eerdere start	31,3 mln.	20,8 mln.	52,1 mln.
3 jaar eerdere start	47,6 mln.	31,7 mln.	79,3 mln.

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

De capaciteit bij de toezichthouder is de afgelopen jaren sterk gegroeid. Voor de komende periode wordt een omvang van circa 200-300 mensen genoemd. In onze indicatieve berekening rekenen we echter niet met de volledige omvang van deze capaciteit, maar nemen we aan dat 50 procent hiervan relevant is voor het type werkzaamheden dat in het voortraject (vóór $t=0$) kan worden bespaard. Daarnaast gaan we uit van een gemiddelde werkgeverslast van 100.000 euro per werknemer, zowel voor de projectorganisatie als voor de toezichthouder.

Dit resulteert in een grove indicatie van de kostenbesparingen die optreden vóór $t=0$, welke waarschijnlijk een onderschatting gezien het feit dat we enkel de personeelskosten van twee organisaties in beschouwing nemen.

Tabel 4.6 laat zien dat de potentiële besparingen oplopen van circa 25 miljoen euro wanneer het proces vóór $t=0$ één jaar sneller wordt doorlopen tot circa 79 miljoen euro wanneer dit proces drie jaar sneller wordt doorlopen. De tabel presenteert de contante waarde van deze financiële baten bij een discontovoet van 2,8 procent.

5 Conclusie

Nederland bereidt een nieuwe fase in kernenergie voor. Internationale ervaringen laten zien dat vertragingen kostbaar zijn en in de regel vaak voorkomen bij kernenergieprojecten in landen die daar weinig tot geen recente ervaring mee hebben. Deze studie laat zien welke waarde het leereffect van het PALLAS-programma kan opleveren door kennisopbouw, risicoreductie en tijdswinst.

De Nederlandse overheid bereidt de bouw van vier nieuwe kerncentrales voor. Deze voorbereidingen vinden plaats in een context waarin recente internationale ervaringen laten zien dat kernenergieprojecten vaak te maken krijgen met vertragingen en kostenoverschrijdingen, met name in landen die weinig tot geen recente ervaring hebben met dergelijke projecten. Met name in de fase vóór de bouwstart bij vergunningverlening, ontwerp, contractering en planning kan uitloop ontstaan die later in het project nog maar beperkt in te lopen is.

De bouw van de nieuwe PALLAS-onderzoeksreactor, bedoeld voor de productie van medische isotopen en nucleair onderzoek, vormt een interessante casus omdat dit het eerste grootschalige nucleaire project in Nederland is sinds de jaren '70 van de vorige eeuw. Uit de literatuur blijkt dat ervaring in vergunningverlening, documentatieprocessen en supply-chain-kwalificatie belangrijke verklarende factoren zijn in de mate waarin nucleaire projecten volgens plan verlopen. De hypothese is dat PALLAS zulke leereffecten in Nederland heeft gegenereerd.

De resultaten laten zien dat het effect van versnelling in contante termen snel kan oplopen. Hierbij is uitgegaan van een nulscenario met een realistische effectieve bouwtijd, waarin expliciet rekening is gehouden met structurele vertragingen. Eerder operationeel zijn betekent dat inkomsten eerder beschikbaar komen. Daarnaast verschuift een deel van de kosten in de tijd en wordt de periode waarin kapitaal vastligt zonder opbrengsten korter. Hierdoor verbeteren de uitkomsten in de versnellingsscenario's substantieel ten opzichte van het nulscenario. De contante waarde van het nulscenario is daarbij zichzelf minder informatief, omdat deze sterk afhankelijk is van parameters die in de praktijk anders kunnen uitvallen, zoals elektriciteitsprijzen, investeringskosten, bouwtempo, benuttingsgraad en toekomstige marktomstandigheden. Juist daarom zijn de verschillen tussen het nulscenario en alternatieve scenario's het meest informatief.

Tabel 5.1 vat de potentiële financiële baten samen. Die lopen via drie kanalen: (1) baten door minder uitloopkosten tijdens de bouwfase (variërend van 0,4 tot 4,5 mld. euro bij één tot drie jaar minder vertraging), 2) vervroeging van de exploitatiefase en daarmee eerdere opbrengsten (variërend van 0,6 tot 1,8 mld. euro), en 3) beperkte maar positieve besparingen in het voortraject vóór $t=0$ (variërend van 25 tot 80 mln. euro).

De drie kanalen in tabel 5.1 vertegenwoordigen twee te onderscheiden mechanismen. De eerste twee effecten hangen samen met minder uitloop tijdens de bouwfase en treden gelijktijdig op. Het derde effect betreft kostenbesparingen in het voortraject (vóór $t=0$) en kan onafhankelijk daarvan optreden. De gepresenteerde bedragen geven daarmee de orde van grootte van baten per kanaal weer en dienen niet te worden geïnterpreteerd als één automatisch cumulatief scenario.

Tabel 5.1 Potentiële financiële baten voor de bouw van twee nieuwe kerncentrales door PALLAS (in mld. euro)

Financiële effecten (in mld. euro) <i>Aantal jaren minder vertraging</i>	Laag <i>1 jaar</i>	Midden <i>2 jaar</i>	Hoog <i>3 jaar</i>
1. Minder uitloopkosten tijdens bouw <i>Bandbreedte toont financiële baten bij 2,5-10% uitloopkosten p/jaar</i>	0,36 - 1,45	0,72 - 2,95	1,1 - 4,49
2. Vervroegde start exploitatiefase <i>Laag = 1 jaar minder uitloop, ..., hoog = 3 jaar minder uitloop</i>	0,60	1,21	1,84
3. Kostenbesparingen vóór t=0 <i>Bandbreedte toont financiële baten voor 1-3 jaar sneller naar t=0</i>	0,03 - 0,08	0,03 - 0,08	0,03 - 0,08
Indicatieve bandbreedte totale baten	0,98 - 2,13	1,95 - 4,24	2,96 - 6,41

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2026)

Noot: De analyse is gebaseerd op een scenario waarin twee nieuwe kernenergiereactoren worden gebouwd. Bij vier centrales zullen de financiële baten hoger uitvallen.

De exacte omvang van de financiële effecten hangt sterk af van de aannames die zijn gemaakt in deze studie over zaken zoals de initiële investeringskosten, uitloopkosten, elektriciteitsprijzen en de discontovoet. Ook voor het effect van minder uitloop in de bouwtijd geldt dat de onzekerheid groot is. De vertragingen worden door veel factoren bepaald en zijn lastig ex ante te kwantificeren. Internationale literatuur laat zien dat leereffecten bij opeenvolgende kernenergieprojecten zich kunnen vertalen in minder uitloop en een kleinere kans op extreme vertragingen. De gevoerde gesprekken wijzen erop dat PALLAS in Nederland een vergelijkbaar leereffect kan ondersteunen, waarbij één jaar tijds winst geldt als een conservatieve ondergrens binnen de gehanteerde bandbreedte (corresponderend met de kolom *Laag* in de tabel). Daarnaast zijn niet alle maatschappelijke effecten gemonetariseerd. Zo kunnen bijvoorbeeld klimaatbaten door eerdere CO₂-reductie bestaan, maar zijn deze niet expliciet gewaardeerd in de doorrekening.

PALLAS creëert naast deze financiële effecten vooral waarde als leerervaring zoals: een beter begrip van vergunningsprocessen, kwaliteitsborging, documentatie-eisen, supply-chain-kwalificatie en samenwerking tussen partijen. De kern is niet alleen sneller, maar vooral voorspelbaarder, met minder verrassingen, minder iteraties en een kleinere kans op extreme vertraging. Dit is juist in Nederland relevant, omdat moderne nucleaire nieuwbouwerfaring beperkt is. Tegelijk is die opgebouwde kennis niet vanzelfsprekend blijvend. Zonder gerichte investering in borging, overdracht en continuïteit kan expertise weglekken, waardoor de potentiële baten van leereffecten afnemen.

Belangrijk is dat dit veronderstelde leereffect op dit moment nog niet helemaal is uitgewerkt, immers een deel van de relevante kennis en routine wordt juist opgebouwd in de laatste fasen van realisatie, ingebruikname en de eerste operationele periode. Het volledige leereffect materialiseert daarom pas wanneer PALLAS daadwerkelijk wordt afgerond. Als nu wordt gestopt of langdurig wordt vertraagd, blijft die leercurve onvolledig en valt de uiteindelijke kennisopbouw en daarmee gepaarde gaande financiële baten kleiner uit. Daarop aansluitend is het essentieel om de tijdens PALLAS opgebouwde kennis en kunde actief vast te houden en overdraagbaar te maken. De waarde van het leereffect komt namelijk pas echt vrij als expertise bij mensen, processen en documentatie beschikbaar blijft voor volgende projecten. Met andere woorden, als de kennis niet wordt vastgehouden gaat ook de maatschappelijke waarde die daarmee samenhangt verloren.

Referenties

- Berenschot (2020) *Systeemeffecten van nucleaire centrales in klimaatneutrale energiescenario's 2050*.
https://www.berenschot.nl/media/so0fvuic/systeemeffecten_van_nucleaire_centrales_in_klimaatneutrale_energiescenario_s_2050.pdf
- EC DG ENER (2020) *Strategic Plan 2020-2024*. https://commission.europa.eu/system/files/2020-10/ener_sp_2020_2024_en.pdf
- Grubler, A. (2010). The costs of the French nuclear scale-up: A case of negative learning by doing. *Energy Policy*, 38(9), 5174-5188. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.003>
- IEA & NEA (2020) *Projected Costs of Generating Electricity*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ae17da3d-e8a5-4163-a3ec-2e6fb0b5677d/Projected-Costs-of-Generating-Electricity-2020.pdf>
- IEA (2020) *World Energy Outlook 2020*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>
- IEA (2023) *World Energy Outlook 2023*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- IEEFA (2017) *Research Brief: A Half-Built, High-Priced Nuclear White Elephant*.
<https://ieefa.org/sites/default/files/resources/Research-Brief-A-Half-Built-High-Priced-Nuclear-White-Elephant-October-2017.pdf>
- International Energy Agency & Nuclear Energy Agency. (2020). *Projected Costs of Generating Electricity 2020*. OECD Publishing.
- KPMG. (2021). *Market Consultation on Nuclear Energy* <https://klimaatweb.nl/wp-content/uploads/po-assets/575242.pdf>
- Ministerie van Financiën (2025) *Rapport Werkgroep discontovoet 2025*.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2025/09/19/rapport-werkgroep-discontovoet-2025>
- Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2025, 16 mei). *Voortgangsbrief nieuwbouw kernenergie mei 2025* [Kamerbrief]. Rijksoverheid.
- Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2025, 17 oktober). *Voortgangsbrief nieuwbouw kernenergie oktober 2025* [Kamerbrief]. Rijksoverheid.
- OECD-NEA. (2020). *Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear: A Practical Guide for Stakeholders*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/33ba86e1-en>.
- OECD-NEA. (2021) *2020 NEA Annual Report*, OECD Publishing, Paris
- OECD-NEA. (2025) *2024 NEA Annual Report*, OECD Publishing, Paris
- Sijm, J., Morales-España, G., & Hernández-Serna, R. (2022). *The Role of Demand Response in the Power System of the Netherlands, 2030-2050*. The Hague, Netherlands: TNO.
<https://publications.tno.nl/publication/34639481/emVYyq/TNO-2022-P10131.pdf>
- Veenstra, A., Li, X., Mulder, M. (2022) *Economic Value of Nuclear Power in Future Energy Systems*. Centre for Energy Economics Research (CEER). <https://www.rug.nl/cenber/blog/ceer-policy-paper-12-economic-value-of-nuclear-power.pdf>
- WNISR. (2024) *World Nuclear Industry Status Report 2024*. <https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2024-v4.pdf>



“De wetenschap dat het goed is.”

SEO Economisch Onderzoek doet onafhankelijk toegepast onderzoek in opdracht van overheid en bedrijfsleven. Ons onderzoek helpt onze opdrachtgevers bij het nemen van beslissingen. SEO Economisch Onderzoek is gelieerd aan de Universiteit van Amsterdam. Dat geeft ons zicht op de nieuwste wetenschappelijke methoden. We hebben geen winstoogmerk en investeren continu in het intellectueel kapitaal van de medewerkers via promotietrajecten, het uitbrengen van wetenschappelijke publicaties, kennisnetwerken en congresbezoek.

SEO-rapport 2026-05
ISBN 978-90-5220-626-4

Informatie & Disclaimer

SEO Economisch Onderzoek heeft op de verkregen informatie en data geen onderzoek uitgevoerd dat het karakter draagt van een accountantscontrole of due diligence. SEO is niet verantwoordelijk voor fouten of omissies in de verkregen informatie en data.

Copyright © 2026 SEO Amsterdam.

Alle rechten voorbehouden. Het is geoorloofd gegevens uit dit rapport te gebruiken in artikelen, onderzoeken en collegesyllabi, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld. Gegevens uit dit rapport mogen niet voor commerciële doeleinden gebruikt worden zonder voorafgaande toestemming van de auteur(s). Toestemming kan worden verkregen via secretariaat@seo.nl.

Roetersstraat 29
1018 WB, Amsterdam

+31 20 399 1255
secretariaat@seo.nl
www.seo.nl