



Answering
tomorrow's
challenges
today

Maatschappelijke impact van tijdige netuitbreiding door TenneT

Eindresultaten

20 november 2024

Ecorys

Inhoudsopgave

1. Introductie

- Aanleiding [4]
- Conceptueel raamwerk [5]
- Analyse [6]

2. Omschrijving van methodologie

- Methodologische stappen [8]
- Mitigerende maatregelen [9 – 12]
- Scenario ontwerp [13]
- Overzicht data transformaties [14]

3. Resultaten

- Wachtrij [16]
- Ontwikkeling van onvervulde transportvraag [17]
- Maatschappelijke waarde van versnelde netuitbreidingen [18]



1. Introductie

Aanleiding

Context: Nederland streeft naar een duurzaam energiesysteem om klimaatdoelen te bereiken. De opkomst van hernieuwbare energiebronnen (zoals wind- en zonne-energie), elektrificatie van de mobiliteit en verduurzaming van de industrie leiden tot een sterke toename van de vraag naar elektriciteit en een verschuiving in het gebruik van het energienet.

Noodzaak van tijdige investeringen: Om het tempo van de energietransitie te behouden, moeten netverzwaringen en bijbehorende investeringen tijdig worden uitgevoerd. Dit vereist een balans tussen technische vereisten, economische haalbaarheid en maatschappelijke acceptatie.

Target Grid: TenneT heeft een visie opgesteld voor een toekomstbestendig elektriciteitsnet: het Target Grid. Dit omvat een grootschalige versterking van het elektriciteitsnet om de capaciteit en betrouwbaarheid te waarborgen, zodat aan de toekomstige vraag kan worden voldaan.

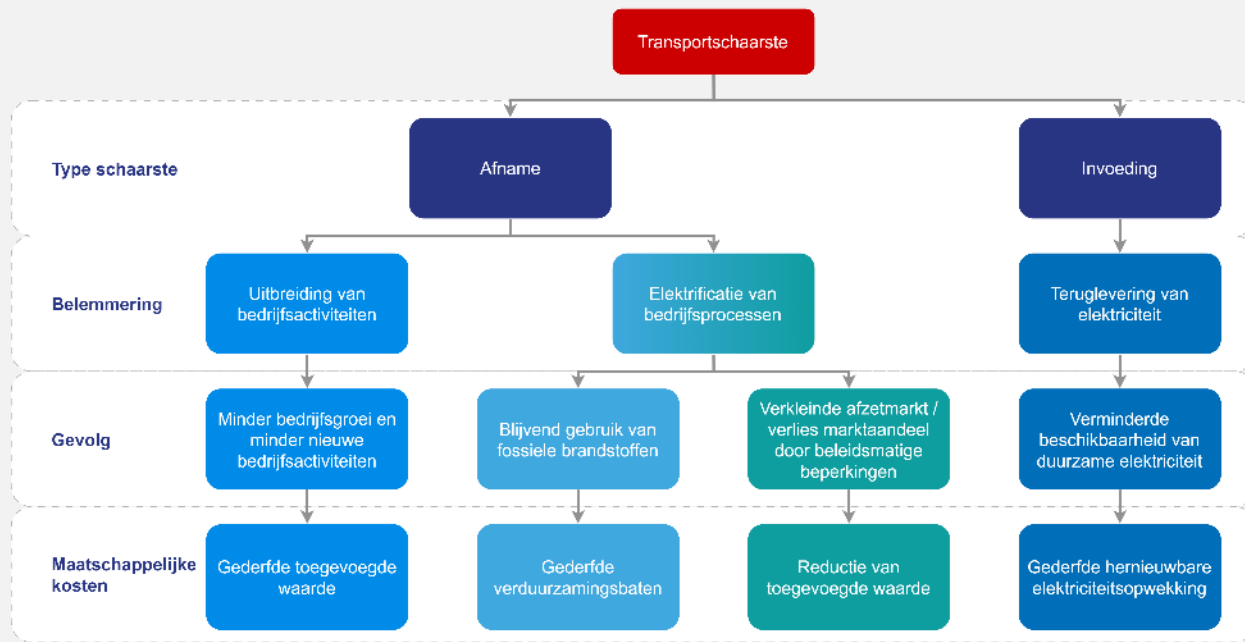
Onderzoeksvraag: wat is de maatschappelijke waarde van het aanhouden van een hoog tempo bij de realisatie van het Target Grid en de bijbehorende netverzwaringen in het kader van de energietransitie?



De maatschappelijke impact van onvervulde transportvraag: een conceptueel raamwerk

Ons conceptueel raamwerk toont aan hoe een tekort aan transportcapaciteit of **onvervulde vraag naar transport (OTV)** aan zowel de vraag- als aanbodzijde van het elektriciteitsnet leidt tot maatschappelijke kosten.

Deze kosten kunnen op verschillende manieren ontstaan, maar samen zorgen ze ervoor dat de samenleving als geheel minder welvaart ervaart dan wanneer er geen sprake zou zijn van transportschaarste.



Bron: Ecorys (2024). Maatschappelijke kostprijs van netcongestie.

De maatschappelijke waarde van versnelde uitbreidingen: een conceptueel model

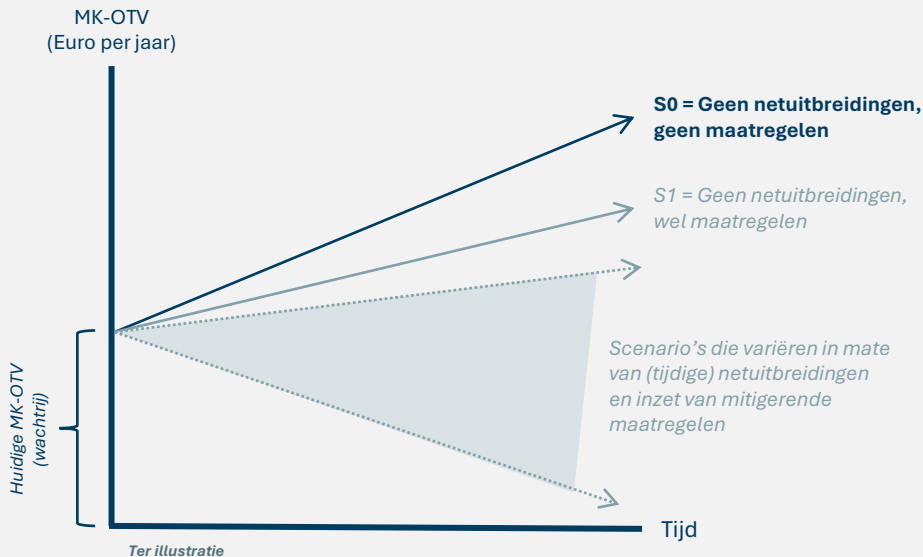
Wanneer de vraag naar transport groter is dan het aanbod, spreken we van een **onvervulde transportvraag** (OTV). OTV veroorzaakt maatschappelijke kosten, bijvoorbeeld omdat het bedrijven belemmert in uitbreiding en elektrificatie, en wind- en zonneproducenten beperkt in het leveren van duurzame energie.

In Nederland groeit de OTV al enige tijd door netcongestie. Zolang de transportcapaciteit van het elektriciteitsnet niet voldoende wordt uitgebreid, zal deze groei naar verwachting aanhouden. We gaan ervan uit dat, zonder netverzwaringen, de OTV evenredig zal toenemen met de vraag naar elektriciteit, die voornamelijk wordt gedreven door elektrificatie, bevolkings- en welvaarts-groei.

Netgebruikers kunnen **mitigerende maatregelen** nemen, zoals het gebruik van batterijen om elektriciteit op te slaan voor piekmomenten. We veronderstellen dat, zolang er schaarste is aan netcapaciteit, netgebruikers dit soort maatregelen zullen treffen, wat logisch is vanuit economisch perspectief.

Hoewel deze maatregelen de groei van OTV enigszins kunnen temperen, beschouwen we het als maatschappelijk onwenselijk om omvangrijke middelen te besteden aan dergelijke oplossingen, omdat deze productiever ingezet hadden kunnen worden als er tijdig voldoende netcapaciteit beschikbaar was geweest. De meest wenselijke situatie is dus dat er zo snel mogelijk voldoende netcapaciteit beschikbaar komt. De maatschappelijke kosten van OTV zullen het sterkst dalen als alle geplande netuitbreidingen tijdig worden gerealiseerd.

In onze scenarioanalyse variëren we de snelheid van netuitbreidingen om **de maatschappelijke waarde van een versneld uitbreidingsproces** te illustreren.



Hoe groter en sneller de uitbreiding van netcapaciteit, des te sterker de daling van MK-OTV

De daling van MK-OTV = de maatschappelijke waarde die gecreëerd wordt via netuitbreidingen



2. Omschrijving methodologie

Overzicht methodiek

Methodologische stappen

1. **Sectorkoppeling:** partijen in wachtrij van TenneT categoriseren in klantgroepen en koppelen aan economische sectoren.
2. **Kostprijskoppeling:** bepalen van de aard en de omvang van het huidige welvaartsverlies van onvervulde transportvraag (OTV: EUR/MWh) per klantcategorie.
3. **Profielkoppeling:** vertalen van OTV in MW naar MWh via vollasturen.
4. **Prognose:** bepalen toekomstig welvaartsverlies van onvervulde transportvraag (OTV) per klantcategorie via groeifactoren.
5. **Mitigerende maatregelen:** bepalen inzet van mitigerende maatregelen per klantgroep.
6. **Scenario analyse:** variëren van de snelheid van netuitbreidingen en bepalen van de daaruit voortvloeiende maatschappelijke impact.

Enkele belangrijke aannames op een rij:

- Energie-efficiëntie van waardecreatie blijft onveranderd (EUR/MWh).
- De samenstelling van de wachtrij blijft onveranderd.
- OTV groeit evenredig met de vraag naar en het aanbod van elektriciteit, zoals gespecificeerd in de i3050-scenario's van het *Energy Transition Model* (Quintel). Ook de vollasturen waarmee MW getallen naar jaarlijks verbruik (in MWh) worden vertaald zijn afkomstig uit ditzelfde model. Alle aannames die besloten liggen in het ETM zijn derhalve ook van toepassing op de huidige modelberekening.
- Bij vrijgave van transportcapaciteit zou deze direct en volledig worden benut door klanten, er is dus geen sprake van handdoekje leggen, lags/vertragingen in waardecreatie, en geen bufferruimte ('lucht') binnen aangevraagd vermogen.
- We gaan ervan uit dat transportschaarste de enige beperkende factor is voor economische waardecreatie. Met andere woorden, we nemen aan dat factoren zoals arbeidstekorten, ruimtegebrek en andere vormen van schaarste geen invloed hebben op onze modelberekening.
- We laten de multipliereffecten, ripple-/interactie effecten van OTV met andere economische variabelen buiten beschouwing. Dit betekent onder meer dat we geen rekening houden met de verschuiving of herverdeling van productiemiddelen (zoals arbeid) en marktaandeel van bedrijven die met transportschaarste kampen naar bedrijven die daar minder of geen hinder van ondervinden. Daarnaast maken we geen aannames over de manier waarop transportschaarste bedrijven zou kunnen aanzetten tot de ontwikkeling van nieuwe technologieën en/of bedrijfsmodellen die de economische groei op de lange termijn juist zou kunnen stimuleren. Ook laten we mogelijke 'extra' groei als gevolg van netuitbreidingen of 'extra' krimp als gevolg van het uitblijven daarvan laten we buiten beschouwing.
- We nemen aan dat de economische schade proportioneel is aan de OTV, zonder rekening te houden met mogelijke niet-lineaire effecten zoals kantelpunten in de vorm van grootschalige faillissementen en/of vertrek van bedrijven naar het buitenland.
- Bij het oplossen van OTV via netinvesteringen wordt elke MWh aan OTV op gelijke wijze behandeld, zonder onderscheid te maken op basis van bijvoorbeeld de (maatschappelijke) status van de aanvraag, de realisatietermijn of de datum van de aanvraag.
- Bij het inschatten van de OTV richten we ons alleen op de aanvragen in de wachtrij van TenneT met een minimaal verwachte kans op realisatie. Hiermee minimaliseren we de invloed van strategisch gedrag van bedrijven of ontwikkelaars op de analyse die alvast een plek reserveren in de wachtrij voor toekomstige netaansluitingen, vaak zonder concrete plannen of zekerheid dat hun project daadwerkelijk doorgaat.
- Voor het modelleren van de inzet van mitigerende maatregelen gaan we ervan uit dat klanten over een werkende netaansluiting beschikken.
- We gaan uit van een gelijkblijvende CO₂-prijs van 300 euro per ton CO₂ (RWS, 2023).
- We gaan ervan uit dat de gemiddelde jaarlijkse kosten van het Nederlandse hoogspanningsnet ongeveer 8 euro per MWh bedragen, en dat de kosten voor netverzwaring ca. 2 miljoen euro per GW bedragen (bron: TenneT). De levensduur van netassets wordt door ons op 50 jaar gezet, en de gemiddelde jaarlijkse benutting van een GW aan netcapaciteit op ca. 60% (gebaseerd op vollasturen welke afkomstig zijn uit het ETM).
- We veronderstellen een (maatschappelijke) discontovoet van 2,25% (RWS, 2024).

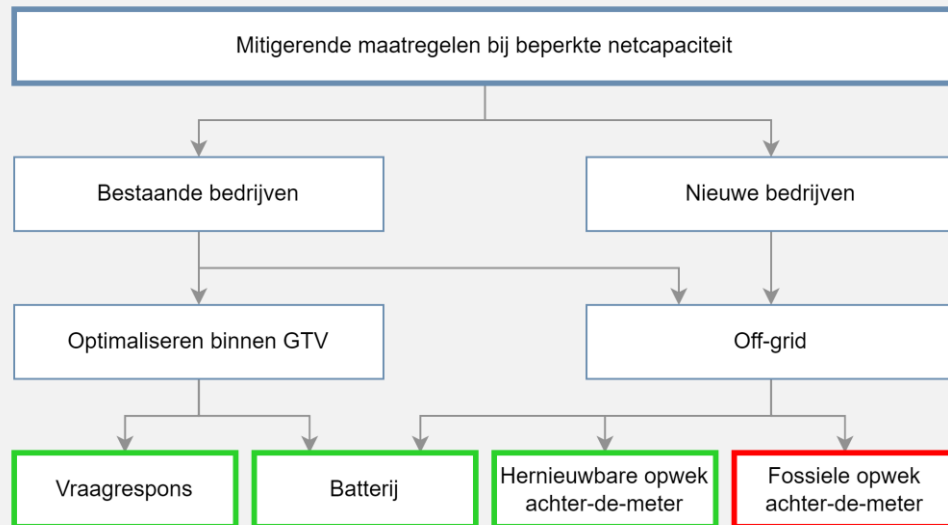
Wat verstaan we onder mitigerende maatregelen?

Op basis van economische logica kunnen we stellen dat bedrijven te allen tijde hun beschikbare middelen zullen aanwenden om toegevoegde waarde te blijven genereren.

Dit betekent dat wanneer ze geconfronteerd worden met een beperkte beschikbaarheid van netcapaciteit, verwacht kan worden dat ze acties zullen ondernemen om hiervoor oplossingen te vinden.

Het is economisch rationeel voor bedrijven om dit te doen zolang de kosten van blootstelling aan transportschaarste hoger zijn dan de kosten van maatregelen. Het is dus onwaarschijnlijk dat bedrijven geheel niet zullen reageren op transportschaarste (d.w.z. passief transportschaarste ondergaan). In onze analyse gaan we ervan uit dat bedrijven zich zullen verdiepen in een aantal mitigerende maatregelen, namelijk: vraagrespons (energiebesparing, sturing-achter-de-meter), inzet van batterijen, direct verbruik (hernieuwbaar of fossiel), of een combinatie van deze maatregelen.

Door de inzet van deze maatregelen worden klanten (tijdelijk) ontlast van transportschaarste, waardoor zij (deels) toegevoegde waarde kunnen blijven genereren. De kosten die zij maken voor de inzet van maatregelen zien wij echter als maatschappelijke kosten; dit geld had immers ook besteed kunnen worden aan het sneller realiseren van netuitbreidingen, een meer structurele oplossing voor netcongestie. We beschouwen de inzet van de genoemde oplossingen vanuit maatschappelijk oogpunt dan ook als niet efficiënt. Het wordt dus gerekend als welvaartsverlies.



Bepalen omvang van inzet mitigerende maatregelen

Redeneerlijn:

Klant vraagt transport in MW aan (T-MW). Dit wordt vertaald naar jaarlijks transportvolume (T-MWh) via vollasturen (VLU). VLU = jaarlijks totaalverbruik van een klant uitgedrukt in uren maximaal verbruik. Let op: VLU ≠ daadwerkelijke bedrijfsuren.

- Aanname: T-MWh is gelijk verdeeld over alle bedrijfsuren.
- Aanname: klanten die een transportaanvraag hebben ingediend, hebben alle mogelijkheid tot optimalisatie binnen hun GTV reeds benut.

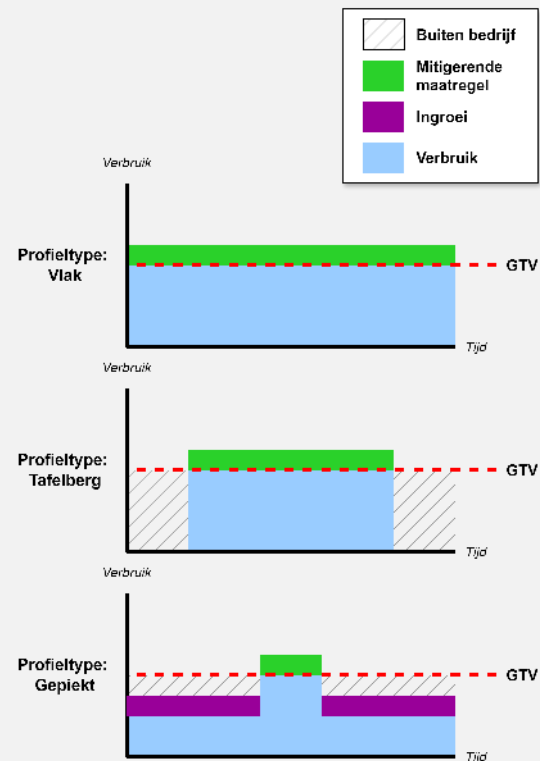
Inzet van mitigerende maatregelen (MM) is afhankelijk van verbruiksprofiel van klant. We werken met drie 'profiel archetypen' (abstracties van werkelijke profielen):

- **Vlak:**
 - Inzet van MM = 100% gedurende bedrijfsuren
 - 24/7 in bedrijf (aanname)
- **Tafelberg:**
 - Inzet van MM = 100% gedurende bedrijfsuren
 - Geen sprake van verschuiving van verbruik naar buiten bedrijfsuren
- **Gepiekt:**
 - Inzet van MM < 100% gedurende bedrijfsuren
 - Aannames over piekduur: dagelijks, 2 uur per dag
 - Off-peak uren hebben voldoende ruimte voor ingroei

Profielen hebben betrekking op één werkdag. Aanname: elke werkdag laat hetzelfde verbruikspatroon of -profiel zien.

Bepalen van de inzet van mitigerende maatregelen:

De inzet van MM's wordt bepaald met behulp van een algoritme dat bekijkt welke MM's beschikbaar zijn voor elke klantgroep, wat de maximaal toegestane inzet van elke MM is voor iedere klantengroep, en dan iteratief OTV verdeelt over alle beschikbare MM's. OTV wordt evenredig verdeeld over MM's tot het punt waarop de inzetcapaciteit van MM's verzadigd raakt, dan wordt resterende OTV verdeeld over resterende MM's totdat alle MM's zijn gebruikt, waarna resterende OTV wordt toegewezen aan een restpost.



Kosten en inzetpotentie van mitigerende maatregelen

	Omschrijving	Kosten – Laag scenario (€/MWh)	Kosten – Hoog scenario(€/MWh)	Maximale inzetpotentie
Energiebesparing	Vermindert de totale vraag naar elektriciteit doordat er minder energie wordt verbruikt. Dit verlaagt de druk op het elektriciteitsnet.	€ -	€ -	11,7%
Sturing achter-de-meter (individueel)	Hierbij kunnen consumenten flexibel inspelen op stroomprijzen of netbelasting door hun energieverbruik te sturen, bijvoorbeeld door apparaten op daluren in te schakelen. Dit vermindert de piekbelasting en vermindert/voorkomt congestie / OTV tijdens momenten van hoge vraag.	€ 5,00	€ 40,00	30%
Sturing achter-de-meter (collectief, energiehub)	Gezamenlijke sturing binnen een energiehub (zoals een woonwijk of bedrijventerrein) verdeelt het verbruik beter door coördinatie tussen deelnemers. Dit optimaliseert het gebruik van energiebronnen en voorkomt piekbelasting, wat de kans op OTV of netcongestie tijdens piekuren verkleint.	€ 15,00	€ 40,00	75%
Batterij	Batterijen kunnen ervoor zorgen dat de belasting op het net wordt gespreid in de tijd. Dit zorgt voor het afvlakken van pieken in de vraag en draagt bij aan het verkleinen van de kans op OTV of netcongestie.	€ 190,00	€ 600,00	30%
Cable pooling	Hierbij wordt dezelfde netaansluiting gebruikt voor verschillende energiebronnen (bijv. wind en zonne-energie), zodat het net efficiënter wordt benut. Het vermindert de behoefte aan extra netcapaciteit.	€ -	€ 20,00	30,3%
Direct verbruik (hernieuwbaar)	Het direct verbruiken van lokaal opgewekte hernieuwbare energie (zoals zonnepanelen) vermindert de noodzaak om energie van het net af te nemen.	€ 74,23	€ 79,23	16,5%
Direct verbruik (fossiel)	Door fossiele opwekking direct te gebruiken, zonder tussenkomst van het net, wordt de druk op het elektriciteitsnet verminderd.	€ 340,11	€ 345,11	Variabel op basis van 500 urenregeling

Bronnen: CE Delft (2024) - Oplossingen voor netcongestie bij bedrijven ([link](#)), Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024) – 500 urenregeling ([link](#)), Europese Commissie (2024) - Energy Efficiency Directive ([link](#))

Beschikbaarheid mitigerende maatregelen per klanttype

Klantgroep	Energiebesparing	Sturing achter-de-meter (individueel)	Sturing achter-de-meter (collectief, energiehub)	Batterij	Cable pooling	Direct verbruik (hernieuwbaar)	Direct verbruik (fossiel)
Industrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Wind/Zon op Land	✓			✓	✓		
Levering piekvermogen							
Mobiliteit	✓	✓	✓	✓		✓	✓
RNB		✓	✓	✓		✓	✓
Datacenter						✓	✓
Utiliteit	✓	✓	✓	✓		✓	✓
LDN oplossing?	✓	✓	✓	✓		✓	✓
ODN oplossing?				✓	✓		

Scenarioanalyse: bepalen van de maatschappelijke effecten van verschillende investeringspaden

Investeringsschema

ID	Scenario	Realisatiegraad	2030	2035	2040	2045
S0	Hoog tempo	100%	100%	0	0	0
S1	Laag tempo	100%	0	0	0	100%
S2	Gelijk tempo	100%	25%	25%	25%	25%
S3	Afnemend	100%	40%	30%	20%	10%
S4	Oplopend	100%	10%	20%	30%	40%

Scenario ontwerp en modelberekening

Om te achterhalen wat de maatschappelijke impact is van een **versneld investeringsschema** aangaande netcapaciteit werken we met een aantal scenario's. Elk investeringsschema bestrijkt een periode van 2030 tot 2045, de zogenaamde zichtperiode. Om de analyse overzichtelijk te houden, verdelen we de zichtperiode in blokken van vijf jaar.

Voor elk scenario specificeren we een **realisatiegraad** (tussen 0% en 100%), die aangeeft hoeveel van de totale netcapaciteitsuitbreiding tijdens deze periode moet worden gerealiseerd. Bij een realisatiegraad van 100% wordt de opgebouwde onvervulde transportvraag (OTV) volledig weggewerkt vóór het einde van de zichtperiode (voor het einde van 2045). Als de realisatiegraad lager is dan 100%, blijft er na 2045 een deel van de OTV over.

Voor elk scenario stellen we een **investeringsschema** op dat aangeeft hoe de realisatiegraad over de tijd wordt verdeeld. Dit schema bepaalt hoeveel OTV er in elke periode wordt verminderd door netuitbreidingen, oftewel hoeveel er in elke periode wordt geïnvesteerd in het verzoeken van het elektriciteitsnet. Hoewel deze netinvesteringen op zichzelf als een maatschappelijke kostenpost worden beschouwd, leveren ze uiteindelijk een gewenst maatschappelijk effect op door de (groei van) OTV te verminderen.

In het hoogste tempo scenario (S0) plannen we de benodigde netuitbreidingen in de eerste vijf jaar. In het laagste tempo scenario (S1) doen we het tegenovergestelde en concentreren we de netuitbreidingen in de laatste vijf jaar. Omdat de OTV gedurende de jaren toeneemt, zal het in het lage tempo scenario steeds moeilijker en duurder worden om alles op tijd weg te werken. Bovendien hebben netuitbreidingen die eerder in de tijd plaatsvinden een grotere maatschappelijke impact vanwege het effect van verdiscontering.

Overzicht: transformatie van wachtrij (MW) naar de maatschappelijke waarde van snelle netverzwaringen (€)





3. Resultaten

OTV per klantgroep en bijhorende groeifactoren

- De volgende tabel toont de wachtrij van TenneT en laat zien hoe deze in de toekomst groeit.
- De groei van de wachtrij is gebaseerd op zowel daadwerkelijke aanvragen* als modelmatige economische prognoses.

Klantgroep	OTV ODN MW	OTV LDN MW	VLU ODN	VLU LDN	OTV MWh ODN	OTV MWh LDN	CAGR ODN	CAGR LDN
Chemische industrie	200	1.160		8.222		6.870.670	5%	5%
Elektriciteitsopslag	2.300	2.720	2.073	1.160	4.767.750	3.154.634	2%	6%
IT- en informatiedienstverlening		2.541		7.752		19.697.773	0%	1%
Levering CO2-neutrale warmte		150		6.972		777.381	0%	-7%
Transport van elektriciteit	5.712	5.712	2.012	5.665	11.494.728	32.361.272	2%	2%
Opslag, dienstverlening voor vervoer		135		4.429		533.997	0%	5%
Opwek CO2-neutrale elektriciteit	1.480	90	4.399		6.194.468	204.733	4%	4%
	Σ = 9.692	Σ = 12.508	μ = 2.828	μ = 5.700	Σ = 22.456.946	Σ = 63.600.460	μ = 3,3%	μ = 2,3%

* Niet alle klantgroepen zijn opgenomen in de analyse omdat we een filter hebben toegepast op basis van de slagingskans van transportaanvragen. Met andere woorden, transportaanvragen van projecten waarvan de kans (zeer) gering is dat deze ook daadwerkelijk zullen plaatsvinden zijn uit de analyse gefilterd. Het percentage transportaanvragen dat als 'realistisch' wordt beschouwd, is 6% van alle ODN-aanvragen en 9% van alle LDN-verzoeken.

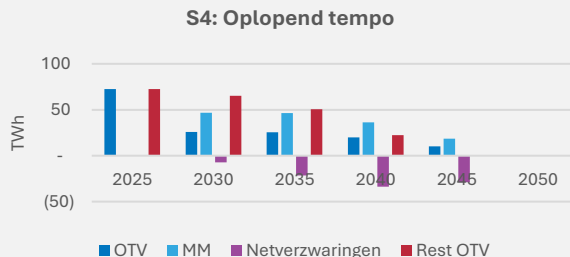
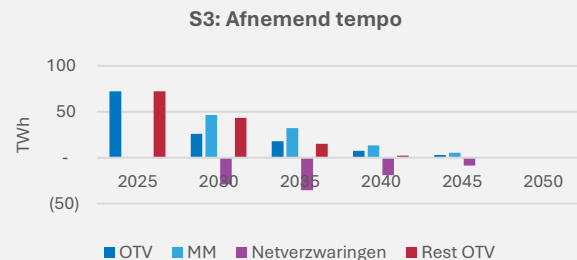
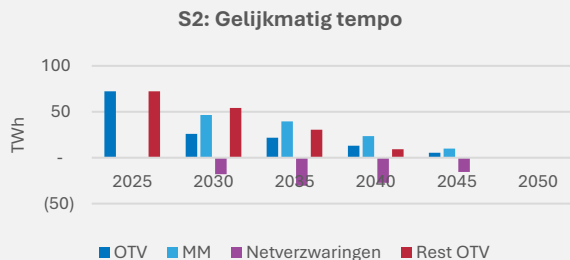
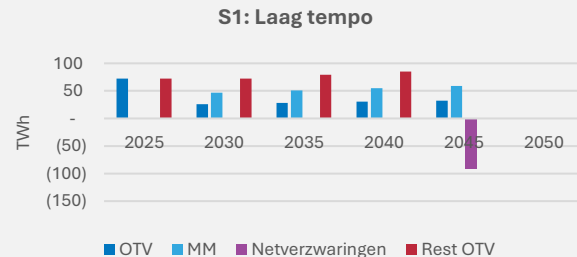
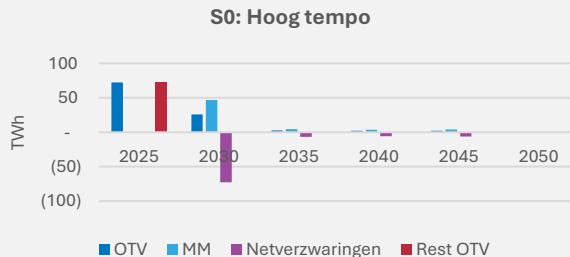
** OTV = Onvervulde transportvraag, LDN = Levering door net (afname), ODN = Opname door net (invoeding), CAGR = Compound annual growth rate

De ontwikkeling van de onvervulde transportvraag (OTV), de inzet van mitigerende maatregelen (MM) en de omvang van netverzwaringen zijn allen afhankelijk van hoe de investeringspaden zijn vormgegeven

De volgende figuren tonen hoe de investeringspaden zich vertalen naar verschillende hoeveelheden onvervulde transportvraag (OTV), het gebruik van mitigerende maatregelen (MM) en netverzwaringen in ons model. Specifiek bieden ze zicht op hoe het rekenmodel de verdeling van deze variabelen uitvoert voor de verschillende 5-jarige tijdsblokken.

Uit de figuren blijkt dat, wanneer er geen netverzwaringen plaatsvinden (bijvoorbeeld tussen 2025-2040 in het S1: *Laag tempo* scenario), de resterende OTV gestaag toeneemt over de tijdsblokken heen. In het S0: *Hoog tempo* scenario is te zien dat er tussen 2025-2030 een grote netverzwaring plaatsvindt, en dat verdere groei in de transportvraag tussen 2030-2045 wordt opgevangen door evenredige netverzwaringen, zodat er in 2050 geen OTV meer resteert.

De scenario's S2, S3 en S4 zijn tussenscenario's die een tussenvorm van de extreme scenario's S0 en S1 vertegenwoordigen, wat zichtbaar is in het gemengde beeld van hoe de ontwikkeling van de OTV, de inzet van MM en de netverzwaringen met elkaar interacteren.



De maatschappelijke waarde van snelle netverzwaringen kan gemiddeld oplopen tot enkele tientallen miljarden per jaar

Hoe sneller TenneT uitbreidingen van het elektriciteitsnet uitvoert, hoe lager de jaarlijkse maatschappelijke kosten uitslaan volgens ons model. Dit benadrukt het economisch belang van het aanhouden van een hoog tempo bij de uitvoering van netverzwaringen.

Uit onze modelberekeningen volgt dat de maatschappelijke waarde die gecreëerd kan worden door het snel uitvoeren van netverzwaringen gemiddeld genomen **tussen de 8 en 30 miljard euro per jaar** ligt*. Dit bedrag betreft een besparing die voortkomt uit het vermijden van gederfde toegevoegde waarde en misgelopen verduurzamingsbaten.

De resultaten in perspectief geplaatst ...

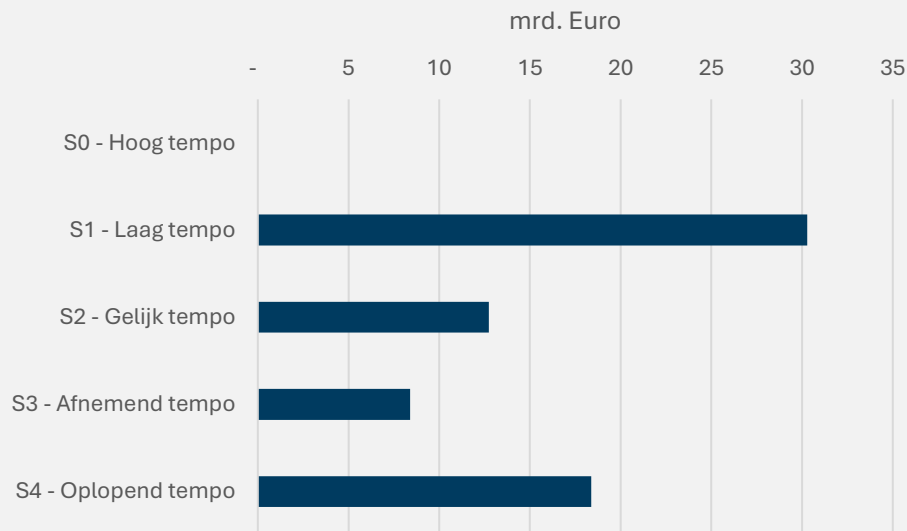
Als we deze maatschappelijke waarde verdelen over de Nederlandse bevolking (ongeveer 17 miljoen mensen), dan komt dit neer op ongeveer 500 – 1.800 euro per persoon per jaar.

Houd er rekening mee dat onze schattingen gepaard gaan met aanzienlijke onzekerheid en gebaseerd zijn op een groot aantal veronderstellingen over de werking van de economie en haar reactie op transportschaarste (zie inleidende slides voor een samenvatting van deze aannames).

Desondanks laten de resultaten duidelijk zien dat de snelheid waarmee netverzwaringen worden uitgevoerd een grote invloed heeft op de maatschappelijke kosten die voortvloeien uit transportschaarste. Met andere woorden, **om de maatschappelijke welvaart te maximaliseren, is het van belang om een hoog tempo aan te houden bij het realiseren van de benodigde netuitbreidingen.**

*In het meest optimistische scenario (S0 – Laag tempo) bedragen de gemiddelde jaarlijkse maatschappelijke kosten 14 miljard euro. Dit komt doordat er momenteel al sprake is van een aanzienlijke transportschaarste die opgelost moet worden.

Extra gemiddelde jaarlijkse maatschappelijke kosten t.o.v. hoog tempo netuitbreidingsscenario





Ecorys

Kurt Kreulen
Joost Gubbels
Maurice Thijsen

Kurt.Kreulen@ecorys.com
Joost.Gubbels@ecorys.com
Maurice.Thijsen@ecorys.com