

Flexibiliteit en energie assets op bedrijventerreinen: een toekomstverkenning

Prognoses voor de opgestelde vermogens van flexibel inzetbare energie assets in 2030 en 2035



Auteurs	Hanna Jonker Bart Kaas Viraisha Bhoewar
Rubricering rapport	TNO Publiek
Opdrachtgever	Dit project is gefinancierd als onderdeel van het MOOI EIGEN project
Programma	MOOI EIGEN
Projectnummer	060.50290
Met ondersteuning van	Lars de Ridder, Robin Niessink, Roos van Dooren, Marianne van Tuyl, Vincent Kamphuis, Hans Mulder en Maarten Verbeek

Vragen met betrekking tot vervolgonderzoek of methode graag richten aan
bart.kaas@tno.nl.

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding.....	8
1.2 Doel en scope van dit rapport.....	8
1.3 Leeswijzer	9
2 Methode.....	10
2.1 Scope	12
2.2 Toelichting output EPS.....	13
2.3 Aannames assets en sectoren	14
2.4 Correctie aardgasgebruik.....	22
3 Resultaten	24
3.1 Prognoses voor opgesteld vermogen	24
3.2 Prognoses voor elektriciteitsverbruik.....	25
3.3 Prognose opgesteld vermogen per provincie.....	27
3.4 Prognose opgesteld vermogen per milieucategorie.....	31
3.5 Prognose elektriciteitsverbruik per provincie.....	34
4 Conclusies en aanbevelingen	38
Bronnenlijst	40
 Bijlagen	
Bijlage A Resultaten flexibel vermogen	42
Bijlage B Resultaten Zon-PV op dak	45

Samenvatting

Aanleiding

De energietransitie stelt het bedrijfsleven voor nieuwe uitdagingen en kansen, zoals elektrificatie en tegelijk de groeiende behoefte aan flexibel inzetbaar vermogen. Nieuwe contractvormen en samenwerkingsmodellen ontstaan, maar zijn nog volop in ontwikkeling. Daarbij speelt flexibiliteit een sleutelrol: het wordt vaak genoemd als cruciaal element bij de ontwikkeling van energy hubs, maar blijkt in de praktijk lastig te definiëren, te organiseren en te benutten.

Het MOOI EIGEN project richt zich op het versterken van de eigen regie van bedrijven en bedrijventerreinen in de energietransitie. Dit rapport is onderdeel van MOOI EIGEN en in dat kader is gekozen om deze rapportage te wijden aan het thema flexibel inzetbaar vermogen. Het doel van dit rapport is om meer grip te krijgen op de rol en verwachting van de ingroei van flexibiliteit van assets binnen energy hubs op bedrijventerreinen.

Methode

De methode bestaat uit een bottom-up analyse van het potentieel aan flexibel inzetbaar vermogen op bedrijventerreinen in Nederland voor 2030 en 2035. Met de TNO Energie Potentieel Scan (EPS) is voor alle bedrijventerreinen in Nederland microdata verzameld op het niveau van bedrijven (bijvoorbeeld uit de BAG, IBIS, CBS, KvK). Hiermee zijn vervolgens met behulp van de TNO Flex Scan verwachtingen voor het gebouw- en procesgebonden energieverbruiken bepaald. Waar mogelijk is aangesloten bij de nationale Klimaat en Energieverkenning (KEV) met betrekking tot aannames over adoptiegraden. Er is bewust gekozen voor conservatieve adoptiegraden.

Een belangrijke tussenstap in deze analyse is het bepalen van het verwachte opgestelde vermogen van deze assets. Dit vormt een cruciale en verifieerbare basis voor het inschatten van het potentieel aan flexibel inzetbaar vermogen. Het verwachte opgesteld vermogen geeft inzicht in de schaal en spreiding van flexibiliteitsopties, en maakt het mogelijk om gericht te sturen op adoptie en benutting.

Scope

In deze studie zijn alle IBIS terreinen meegenomen, behalve diegene die zijn gerelateerd aan de industrieclusters 1 t/m 5. Deze meegenomen terreinen worden in het vervolg van het rapport bedrijventerreinen genoemd. Met betrekking tot de prognoses wordt er geen rekening gehouden met wijzigingen in samenstelling qua type bedrijvigheid naar 2035.

Onder “assets” worden installaties en apparaten verstaan waarvan verwacht wordt dat ze flexibel kunnen worden ingezet. In deze rapportage zijn de volgende assetcategorieën meegenomen: logistiek, warmtepompen in gebouwen, industriële warmte, vriescellen en PV-installaties. De rol van datacenters en opslag is geen onderdeel van deze studie. In deze studie is de beschikbare elektriciteitsaansluiting van een bedrijf en (lokale) netcongestie niet meegenomen.

Resultaat

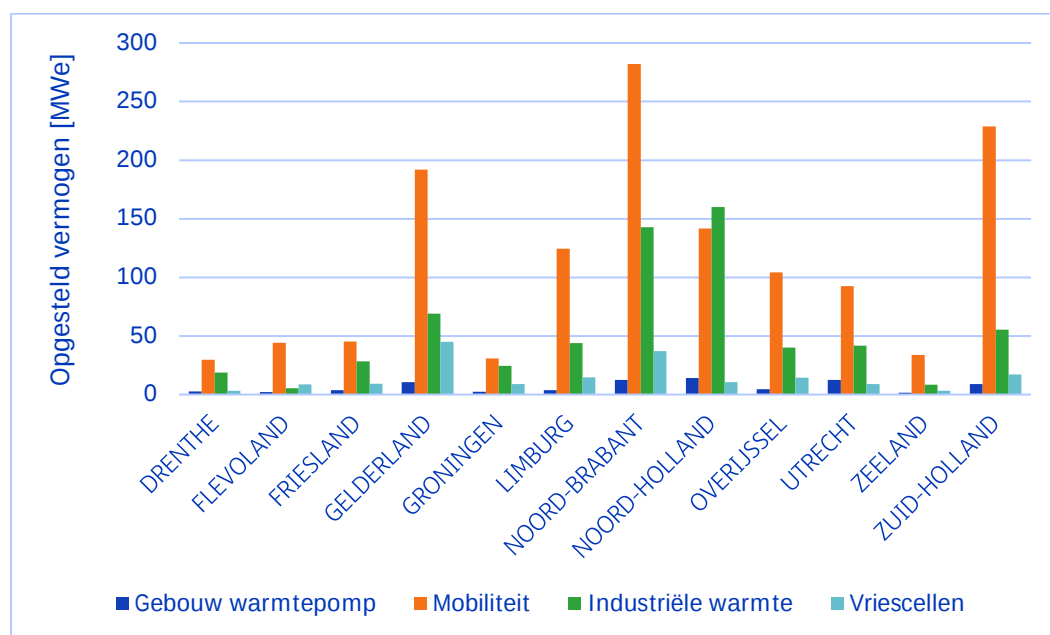
Deze rapportage beschrijft prognoses voor opgestelde vermogens en elektriciteitsverbruik van flexibel inzetbare energie assets en maakt deze inzichtelijk via verschillende

doorsnijdingen, zoals per asset categorie en provincie. Dit biedt concrete handvatten voor zowel het vormgeven van energy hubs op bedrijventerreinen als ook ondersteunend beleid.

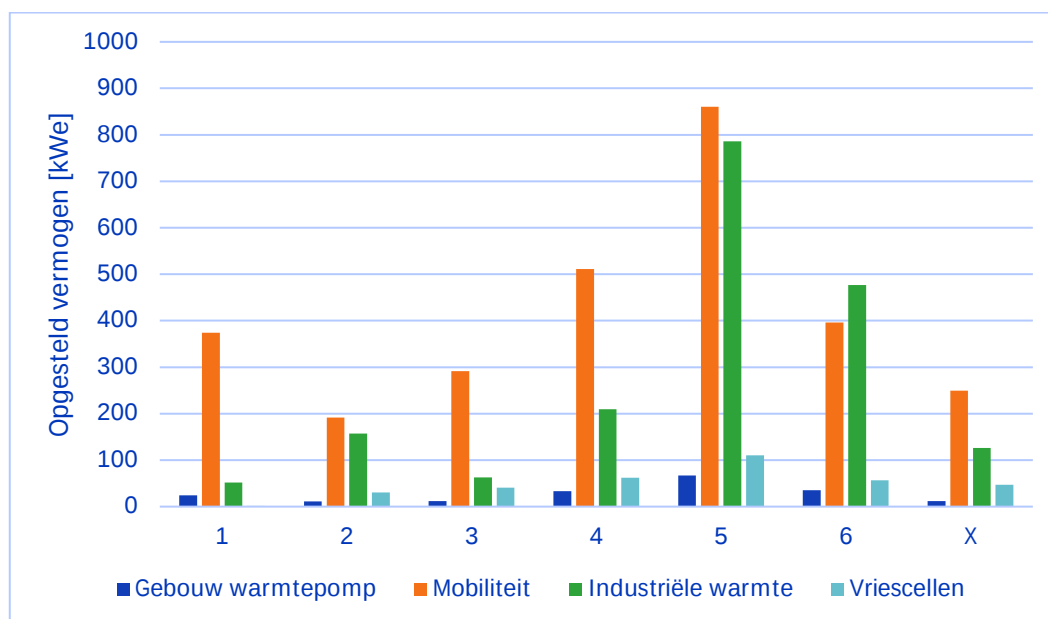
De belangrijkste bevindingen zijn:

- Van de onderzochte assets in deze studie hebben met name de elektrificatie van logistiek en de elektrificatie van industriële warmte een grote impact de aankomende jaren. De ontwikkeling van goede incentives om de flexibiliteit van dit nieuwe elektriciteitsverbruik te ontsluiten voor verschillende doelen is zodoende de moeite waard.
 - De prognose is dat het opgesteld vermogen van elektrificatie van industriële warmte en logistiek toeneemt tussen 2020 en 2030, en verder toeneemt tussen 2030 en 2035. In 2030 is de prognose van opgestelde vermogen voor elektrische trekkers-opleggers ruim 700 MWe en E-boilers bijna 600 MWe¹. In 2035 groeit het vermogen van deze assets verder. Voor de elektrische trekker-opleggers naar ruim 2.000 MWe, voor elektrische bestelwagens ruim 1.000 MWe en E-boilers bijna 900 MWe.
 - Bij de elektrificatie van logistiek is de grootste laadvraag te verwachten voor elektrische trekker-opleggers. Voor elektrificatie van logistiek zou slim laden de piekvraag kunnen reduceren. De modellering hiervan is buiten de scope van deze studie.
 - Bij de elektrificatie van industriële warmte is de grootste vermogensvraag te verwachten van e-boilers. Indien mogelijk is de toevoeging van warmtebuffering een belangrijke flex mogelijkheid, hiermee kan de warmtevraag in de tijd losgekoppeld worden van het moment van de omzetting van elektriciteit naar warmte. Daarnaast is hybride uitvoering ook een belangrijke optie, zodat er op (beperkte) momenten overgeschakeld kan worden op een andere energiedrager als input.
- De opgestelde vermogens concentreren zich op een beperkt aantal bedrijventerreinen. De grootste concentratie bevindt zich op bedrijventerreinen met een milieucategorie 4, 5 en 6. Vooral milieucategorie 5, waar bijna 300 bedrijventerreinen onder vallen kent gemiddeld per bedrijventerrein een hoog opgesteld vermogen voor logistiek en industriële warmte. Zie ook
- Figuur 0.2. In absolute waarden is het opgestelde vermogen in milieucategorie 3, 4 en 5 het hoogst.
- De regionale verschillen zijn groot: in Noord-Brabant, Noord-Holland, Gelderland en Zuid-Holland zijn de gesommeerde vermogens prognoses van de onderzochte assets het grootst. Zie ook Figuur 0.1.
- Verdere verfijning van data en modellering is nodig om het flexibel potentieel te bepalen.

¹ Alle genoemde vermogens in deze rapportage zijn de elektrische vermogens van de energie assets. Dit in tegenstelling tot de KEV, waar bij thermische assets doorgaans over het thermisch vermogen (MWth) wordt gesproken.



Figuur 0.1: Het opgesteld vermogen van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2030. De categorieën mobiliteit en industriële warmte omvatten in dit rapport beide drie individuele assets.



Figuur 0.2: Het gemiddelde² opgesteld vermogen in kWe van flexibel inzetbare energie assets per bedrijventerrein per milieucategorie in 2030. De categorieën mobiliteit en industriële warmte omvatten in dit rapport beide drie individuele assets.

² Berekend als totaal opgesteld vermogen gedeeld door het totaal aantal bedrijventerreinen per milieucategorie

Hoe kan deze rapportage gebruikt worden?

Voor landelijke beleidsmakers biedt het rapport een eerste inzicht in de mogelijke inzet van flexibele energie assets op bedrijventerreinen in de energietransitie. Het schetst de verhoudingen tussen verschillende assets, de landelijke spreiding per provincie en per milieucategorie van de bedrijventerreinen. De resultaten kunnen voor verschillende doeleinden gebruikt worden, zowel voor vormen van beleid om meer flexibiliteit in reguliere systeemtoestand te ontsluiten als mogelijk ook in noodtoestand wanneer vermogen afgeschakeld moet worden.

Voor decentrale overheden en regionale ontwikkelingsmaatschappijen geeft de rapportage een suggestie voor met welke bedrijventerreinen te starten qua aanjagen organisatiegraad en ondersteuning van energy hub initiatieven, namelijk die met de hogere milieucategorieën.

Voor netbeheerders geeft de rapportage nuttige inzichten in de aanpak van netcongestie als ook resultaten die per asset en provincie besproken worden. In de zoektocht naar flexibiliteit biedt deze rapportage een eerste beeld voor de mogelijkheden.

Meerwaarde van deze studie

De grote meerwaarde van deze studie is dat er nu een werkwijze én een eerste grote dataset met microdata is gecreëerd op het niveau van bedrijven en voor alle bedrijventerreinen in Nederland. Deze dataset biedt prognoses voor een aantal belangrijke elektrificatie trends op bedrijventerreinen en biedt de mogelijkheid voor verschillende doorsnijdingen. Een dergelijk inzicht op dit detailniveau was nog niet eerder beschikbaar en biedt mogelijkheden voor ondersteuning van beleidsvorming en gericht benaderen van bedrijven voor ontsluiting van flexibiliteit.

Beperkingen en vervolgonderzoek

Voor deze rapportage is slechts op een beperkt aantal mogelijke doorsnijdingen van de data geanalyseerd wegens budgettaire beperkingen. De microdata is erg waardevol voor vervolgonderzoek en de analyse van de data kan worden uitgebreid en verfijnd. Vervolg vragen kunnen aan de auteurs gericht worden voor andere doorsnijdingen van de dataset

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De energietransitie zet het bedrijfsleven in Nederland voor nieuwe uitdagingen én kansen. De elektrificatie van het energieverbruik, de toenemende vraag naar energieopslag en de opkomst van zogeheten energy hubs vragen om intensievere samenwerking tussen bedrijven, netbeheerders en andere stakeholders. Deze samenwerking is essentieel om het energiesysteem toekomstbestendig te maken.

Tegelijkertijd zorgen ontwikkelingen zoals netcongestie, de ingroei van duurzame opwek, en de noodzaak tot flexibiliteit voor een steeds complexer speelveld. Nieuwe contractvormen en samenwerkingsmodellen ontstaan, maar zijn nog volop in ontwikkeling. Binnen dit krachtenveld speelt flexibiliteit een sleutelrol: het wordt vaak genoemd als cruciaal element bij de ontwikkeling van energy hubs, maar blijkt in de praktijk lastig te definiëren, te organiseren en te benutten.

Het project MOOI EIGEN richt zich op het versterken van de eigen regie van bedrijven en bedrijventerreinen in de energietransitie. Dit rapport is onderdeel van MOOI EIGEN en in dat kader is gekozen om deze rapportage te wijden aan het thema flexibel inzetbaar vermogen, met als doel om meer grip te krijgen op de rol en verwachting van de ingroei van flexibiliteit van assets binnen energy hubs op bedrijventerreinen. Daarmee beoogt dit rapport concrete handvatten te bieden voor de verdere ontwikkeling van duurzame, betrouwbare en efficiënte energiesystemen op lokaal niveau.

1.2 Doel en scope van dit rapport

Het doel van deze rapportage is om een inschatting te geven van het potentieel aan flexibel inzetbaar vermogen op bedrijventerreinen in Nederland. Daarbij is ook gekeken naar het jaarlijkse elektriciteitsverbruik van de relevante assets. Deze inzichten kunnen beleidsmakers op nationaal en regionaal niveau ondersteunen bij het identificeren van kansen voor flexibiliteit binnen het energiesysteem.

De analyse is uitgevoerd op geaggregeerd niveau, uitgesplitst naar provincies en SBI-sectoren. Voor het potentieel is per sector een adoptiegraad aangenomen, maar er zijn bewust géén aannames gedaan over welk deel van het theoretisch opgesteld vermogen daadwerkelijk flexibel inzetbaar is. Ook is geen rekening gehouden met netcapaciteit of energieopslag; het betreft een theoretische inschatting van de vraagkant van flexibiliteit.

Alle bedrijven op bedrijventerreinen zijn meegenomen in een bottom-up benadering met behulp van de TNO Flex Scan. Deze tool biedt inzicht in de potentiële flexibiliteit op bedrijventerreinen voor de jaren 2020, 2030 en 2035. Onder “assets” worden installaties en apparaten verstaan waarvan verwacht wordt dat ze flexibel kunnen worden ingezet. In deze rapportage zijn de volgende assetcategorieën meegenomen: elektrische logistiek warmtepompen in gebouwen, industriële warmte, vriescellen en PV-installaties.

Een belangrijke tussenstap in deze analyse is het bepalen van de verwachte opgestelde vermogen van deze assets in 2030 en 2035. Dit vormt een cruciale en verifieerbare basis

voor het inschatten van het potentieel aan flexibel inzetbaar vermogen. Het verwachte opgesteld vermogen geeft inzicht in de schaal en spreiding van flexibiliteitsopties, en maakt het mogelijk om gericht te sturen op adoptie en benutting.

Door de prognoses voor de opgestelde vermogens en elektriciteitsverbruik van flexibel inzetbare energie assets per asset en provincie inzichtelijk te maken, biedt deze rapportage concrete handvatten voor het vormgeven van energy hubs op bedrijventerreinen.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd om de lezer stapsgewijs mee te nemen in de analyse van het potentieel aan flexibel inzetbaar vermogen op bedrijventerreinen.

- **Hoofdstuk 2** introduceert de gehanteerde methode. Dit omvat de afbakening van de scope, een toelichting op de gebruikte tools, de aannames rondom assets en sectoren en de achtergrond voor de correctie op het aardgasgebruik. Dit hoofdstuk vormt de basis voor het begrijpen van de resultaten.
- **Hoofdstuk 3** presenteert de resultaten van de analyse. Eerst wordt het verwachte opgesteld vermogen en elektriciteitsverbruik per assettype besproken. Vervolgens worden inzichten op provinciaal niveau en per SBI-sector gepresenteerd, waarmee de regionale en sectorale verschillen in potentieel zichtbaar worden.
- **Hoofdstuk 4** sluit af met conclusies en aanbevelingen. Hierin worden de belangrijkste bevindingen samengevat en suggesties gedaan voor vervolgstappen, met het oog op beleidsvorming en de ontwikkeling van energy hubs.

Gebruik Copilot

In dit rapport is gebruik gemaakt van Microsoft Copilot als hulpmiddel bij het genereren, analyseren of structureren van tekstuele inhoud. Alle gegenereerde inhoud is zorgvuldig gecontroleerd op juistheid, volledigheid en conformiteit met TNO-richtlijnen, inclusief juridische en ethische kaders. Er is geen gebruik gemaakt van vertrouwelijke, IP-beschermde of persoonsgegevens zonder voorafgaande toestemming of beoordeling door IP&C. De inhoud voldoet aan de geldende wet- en regelgeving, waaronder AVG en auteursrechten. Gebruik van Copilot is conform de TNO-richtlijnen voor generatieve AI.

2 Methode

Het opgesteld vermogen (kW) is een cruciale eerste stap om te bepalen en beschrijft het totale maximale vermogen van een asset. Hoe de asset gebruikt wordt en daarmee de mate van flexibiliteit van die asset, kan sterk verschillen. Zo kan in de ene sector een E-boiler in basislast worden gebruikt terwijl in een andere sector dit als flexibele pieklast zal draaien. Zeker in combinatie met warmteopslag of een hybride uitvoering kan een E-boiler een groot flexibel vermogen zijn, maar dit verschilt per situatie.

Om te komen tot prognoses voor opgesteld vermogen en energieverbruik van mogelijk flexibel inzetbare energie assets in 2030 en 2035, zijn per asset voor alle bedrijven die gevestigd zijn op bedrijventerreinen in Nederland, de volgende stappen doorgelopen:

1. Startend met de lijst met alle van IBIS terreinen in Nederland, zijn een aantal IBIS terreinen uitgefilterd, te weten de grote industrieclusters 1 t/m 5 (Noord-Nederland, Noorzeekanaalgebied, Rotterdam-Moerdijk, Zeeland West-Brabant en Chemelot);
2. Met behulp van de TNO Energie Potentieel Scan (EPS) zijn voor resterende ruim 3800 IBIS terreinen (vanaf nu bedrijventerreinen) kentallen bepaald en berekend op basis van openbare informatie (BAG, IBIS, CBS sector statistieken) en de KVK registraties die vallen binnen de geografische grenzen van de bedrijventerreinen. Dit resulteert in informatie op gebouw en bedrijfsniveau, zoals het gebouwgebonden aardgas- en elektriciteitsverbruik en het procesgebonden aardgas- en elektriciteitsverbruik.
3. De resultaten van alle bedrijven met 0 fte volgens de KVK registratie, zijn uitgefilterd;
4. Met behulp van de TNO Flex Scan Fase 1 is op basis van de SBI-code voor ieder bedrijf bepaald welke assets er waarschijnlijk gebruikt worden en gaan worden. In dit rapport is er een beperkte set van assets gehanteerd. Vervolgens is het opgesteld vermogen en jaarverbruik per asset bepaald voor 2020, 2030 en 2035 voor alle bedrijven op alle bedrijventerreinen;
5. Als laatste stap wordt een correctie doorgevoerd voor de assets industriële warmte en de gebouw warmtepomp. Dit gebeurt naar aanleiding van beschikbare CBS informatie over daadwerkelijk historische aardgaslevering aan bedrijventerreinen. Op basis van provincie en de IBIS Milieu Categorie van een bedrijventerrein wordt het geschat aardgasverbruik vanuit de EPS gecorrigeerd. Dit heeft impact op het theoretisch opgesteld vermogen en jaarverbruik van de assets die daarvan afhankelijk zijn, te weten de drie industriële warmte assets en de gebouw warmtepomp.

Achtergrond Energie Potentieel Scan van TNO

De Energie Potentieel Scan is in de afgelopen tien jaar ontwikkeld om de verduurzaming van bedrijventerreinen te ondersteunen met inzicht in energie besparingspotentieel. De EPS werkt op het niveau van een bedrijventerrein (IBIS terrein) en maakt voor ieder bedrijf op het terrein een inschatting van het besparingspotentieel van verschillende interventies, zoals het nemen van isolatiemaatregelen, plaatsen van zon-PV en een warmtepomp. Daarnaast verstrekt de EPS per pand en bedrijf inschattingen voor het jaarlijks gebouwgebonden aardgas- en elektriciteitsverbruik en het procesgebonden aardgas- en elektriciteitsverbruik.

Achtergrond TNO Flex Scan

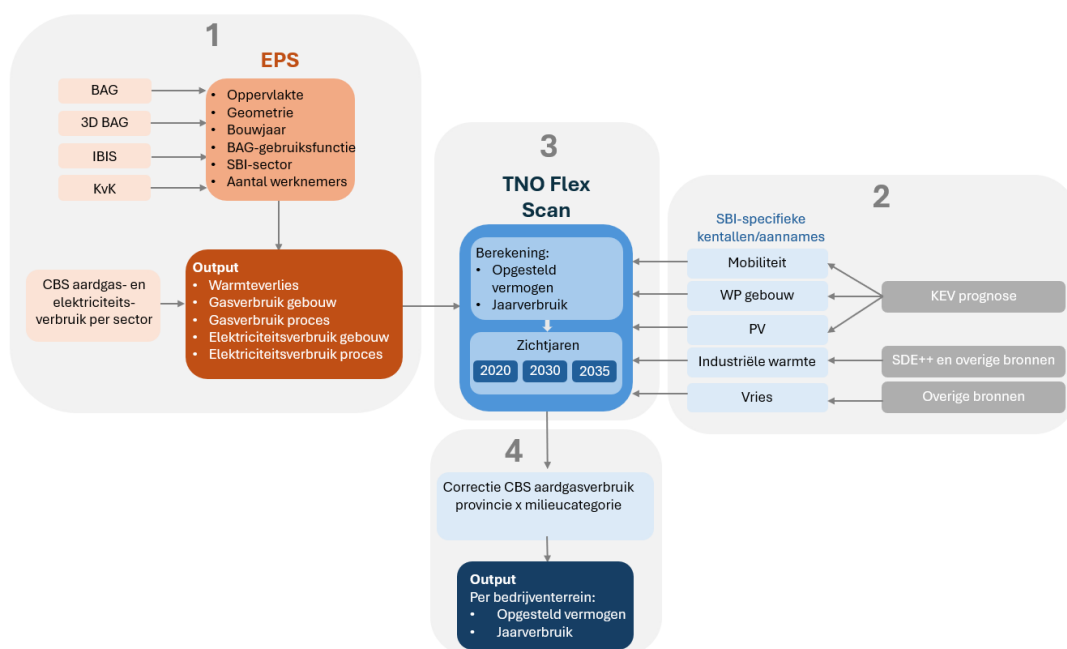
De TNO Flex Scan bouwt vervolgens voort op de EPS en is opgebouwd uit twee fases:

- In Fase 1 worden bedrijfsresultaten gedetailleerd naar asset niveau en;
- In Fase 2 kunnen assets individueel gedetailleerd gemodelleerd worden en kan de beschikbare flexibiliteit van deze assets ingezet worden voor verschillende doeleinden.

In dit project is alleen gewerkt met Fase 1 van de TNO Flex Scan. Fase 1 resulteert in geschatte opgestelde vermogens op asset niveau per bedrijf en het bijbehorend geschat jaarverbruik en doet dit voor drie zichtjaren. De drie zichtjaren zijn: 2020, ter validatie, en prognoses voor 2030 en 2035.

Gebruik van de EPS en TNO Flex Scan in dit project

In het schematisch overzicht in Figuur 2.1 is weergegeven wat de relatie is tussen de EPS en TNO Flex Scan, welke berekeningsstappen worden uitgevoerd en wat de belangrijkste bronnen zijn. In blok 1 wordt de EPS output opgesteld en ingeladen in de TNO Flex Scan. In blok 2 worden de aannames en kentallen voor de flexibele assets ingeladen. In blok 3 worden de resultaten per bedrijf en per bedrijventerrein berekend door de TNO Flex Scan Fase 1 te draaien voor alle bedrijventerreinen in Nederland. Als laatste stap worden deze resultaten in blok 4 gecorrigeerd naar aanleiding van beschikbare CBS informatie over aardgaslevering.



Figuur 2.1: Schematisch overzicht methode berekening opgesteld vermogen en jaarverbruik per asset.

2.1 Scope

De scope van dit rapport sluit grotendeels aan bij die van het rapport Potentie energiebesparing bedrijventerreinen (Kamphuis, Niessink, de Smidt, 2024). Deze is beknopt toegelicht in de volgende paragrafen.

Bedrijven en bedrijventerreinen

De energie-intensieve industrie binnen de industriecusters 1 tot en met 5 valt buiten de scope van deze studie. Deze zijn gebaseerd op de contouren van bedrijventerreinen uit de IBIS. Wel zijn er binnen deze industriecusters ook reguliere bedrijventerreinen zonder energie-intensieve industrie, deze zijn wel meegenomen in deze studie. Een verdere toelichting op deze methode is te vinden in de studie van Kamphuis, Niessink, de Smidt, 2024. De bedrijven met 0 fte, op basis van hun KVK registratie, zijn niet meegenomen in de berekening voor de verwachting ingroei mogelijk flexibel inzetbare assets. Dit betreffen veelal holdings. Omdat holdings zelf geen goederen of diensten produceren, zullen zij geen gebouwgebonden energieverbruik hebben en zo ook geen verwachte ingroei voor mogelijke flexibel energie assets.

Zichtjaren

Het referentiejaar van deze studie is net als in het rapport Potentie energiebesparing bedrijventerreinen, 2020. De doorgerekende zichtjaren zijn 2030 en 2035, omdat deze inzichten geven op de korte en middellange termijn in de adoptie van elektrificatie en andere flexibiliteitsassets die aansluit bij andere ramingen, zoals de Klimaat- en Energieverkenning (KEV).

Elektriciteitsverbruik

Dit onderzoek focust op elektriciteitsverbruik. Het potentieel voor elektrificatie is bepaald aan de hand van de aardgaslevering zoals bekend bij het CBS. Voor elektrificatie is alleen de aardgaslevering meegenomen die dient voor energetisch procesgebonden en finaal energetisch gebouwgebonden verbruik. Verbruik voor omzetting en niet-energetisch verbruik zijn ingeschat in de EPS Scan en niet meegenomen in het aardgasverbruik. Waterstof en restwarmte uitwisseling zijn geen onderdeel van deze studie, omdat daarvoor externe productie, transport, distributie en/of afzet nodig is. Het betreft de elektriciteitslevering van het net, zoals bekend bij het CBS. Elektriciteit die wordt opgewekt en gesaldeerd wordt niet meegenomen. Ook lokaal opgewekte elektriciteit met een warmtekraftkoppeling (WKK) wordt niet meegenomen in de statistiek. Dit leidt tot een onderschatting van het totale elektriciteitsverbruik.

Assets

De assets die zijn meegenomen in deze studie betreffen assets waarvan wordt verwacht dat deze flexibiliteit kunnen leveren. Enerzijds betreft dit assets waarvan verwacht wordt dat zij (verder) elektrificeren, zoals logistiek en industriële warmte, anderzijds betreft het assets waarvan wordt verwacht dat zij geschikt zijn om flexibel in te zetten, zoals vriescellen. De TNO Flex Scan werkt met behulp van sectorale adoptie aannames, zodoende zijn er enkel sector gebonden assets meegenomen in deze studie en geen batterijen of buffers. In het voorgaande project FLEXBT is in samenspraak met het consortium een geprioriteerde lijst van assets opgesteld. Vanwege budgettaire beperkingen kon in dat project enkel een beperkte selectie aan assets op hoofdlijnen worden uitgewerkt. In het kader van dit project is deze lijst aangevuld en zijn de assets verder gedetailleerd.

De volgende assets zijn in dit rapport meegenomen:

- Elektrische logistiek als categorie, met daarin
 - Elektrische bestelwagens
 - Elektrische bakwagens
 - Elektrische trekker-opleggers
- Industriële warmte als categorie, met daarin
 - Industriële warmtepompen
 - E-boilers
 - E-drogers
- Vriescellen
- Gebouw warmtepompen voor verwarming en koeling van ruimtes
- Curtailbaar vermogen zon-PV op dak

Het flexibele karakter van bovengenoemde assets verschilt.

- **Logistiek:** Zo geldt bij de elektrificatie van de logistieke assets dat deze vooral met slim laden in de nacht aan piekverlaging kunnen bijdragen.
- **Industriële warmte:** Bij de elektrificatie van industriële warmte is het sterk afhankelijk van de casus en sector. De grote verwachting van ingroeï mogelijk flexibel vermogen van deze assets zit in het toevoegen van buffering om de werkelijke warmtevraag in de tijd los te koppelen van het moment van de warmte opwek. Voor sommige sectoren en processen is buffering lastiger maar kan wellicht de werkelijke warmtevraag in de tijd geschoven worden. Daarnaast is hybridisering een goede optie in sommige situaties, hierbij wordt naast een elektrische warmte opwek ook een andere wijze van warmte opwek aangelegd/aangehouden. Hierdoor kan er geschakeld worden welke wijze van warmte opwek gebruikt wordt.
- **Vriescellen:** Vriescellen kan men zien als een vorm van energiebuffering waarbij een maximum temperatuur met name leidend is, vaak in het kader van productkwaliteit. Het moment en de intensiteit van koelen kan in sommige gevallen echter flexibel ingeregeld worden. Zo kan ervoor gekozen worden om de temperatuur bijv. op moment van goedkopere elektriciteit verder te laten dalen zodat als de elektriciteitsprijs hoger is er minder elektriciteit afgenomen hoeft te worden. Of om bijv. overdag de temperatuur verder te laten dalen zodat een buurman in de nacht meer capaciteit zou kunnen gebruiken, of juist andersom.
- **Gebouw warmtepompen:** Volgens hetzelfde concept kunnen gebouw warmtepompen ook, binnen de marges van comfort, de temperatuur in gebouwen enigszins flexibel aansturen.
- **Opwek met zon-PV:** Hierbij gaat het vooral om het curtailbaar maken van opwek. Dit betekent het bewust terugschakelen van opwek op momenten dat de opgewerkte elektriciteit bijv. weinig waard is of als er geen capaciteit is voor transport ervan.

2.2 Toelichting output EPS

In deze paragraaf worden de belangrijkste aannames in de Energie Potentieel Scan beschreven. De EPS wordt gebruikt om op gebouw-, bedrijfs- en bedrijventerreinniveau inschattingen te maken van het energieverbruik voor het gebouw en industriële processen en het besparingspotentieel voor gebouwgebonden energiebesparende maatregelen. De EPS berekening gebruikt daarbij data over elk individueel pand en elk bedrijf op het bedrijventerrein (Kamphuis et al. 2023).

De BAG data wordt gebruikt om basisgegevens, zoals de gebruiksfunctie en pandoppervlakte op te halen. Met de geometrie van het pand vanuit de 3D BAG en aannames over isolatieniveaus van de bouwdelen (gevel, dak, vloer, ramen) aan hand van de bouwjaarklasse wordt een warmteverlies berekening gemaakt. De warmteverlies berekening maakt verder gebruik van aannames over de binnen- en buitentemperatuur. Hiermee wordt het aardgasverbruik voor de functie ruimteverwarming berekend. De aanname voor ruimteverwarming is dat alle panden tot een bepaalde temperatuur (afhankelijk van gebruiksfunctie) verwarmd worden tijdens bedrijfsuren. De aanname is dat dit gebeurt met een CV-ketel met een efficiëntie van 100% (HR-100) en met conventionele radiatoren.

Voor de overige energiefuncties (verlichting, warm tapwater, ruimtekoeeling en ventilatie) worden energie-kentallen gebruikt afhankelijk van het gebouwtype en hiermee wordt het gebouw gebonden energieverbruik per pand berekend.

Met de data over de economische sector (SBI) en het aantal werknemers van het bedrijf uit de Kamer van Koophandel wordt per pand een inschatting gemaakt van het finale energieverbruik, het aardgasverbruik voor omzetting en het aardgasverbruik voor niet-energetische doeleinden, dit op basis van CBS statistieken over het energieverbruik en het aantal werknemers per (SBI) branche. Het verschil tussen het finale energieverbruik en het gebouwgebonden verbruik wordt toegekend aan het finale procesgebonden verbruik. Voor het elektriciteitsverbruik wordt op vergelijkbare wijze onderscheid gemaakt tussen finaal gebouwgebonden en procesgebonden.

Belangrijke input EPS per gebouw zijn:

- Oppervlakte gebouw
- Geometrie gebouw
- Hoogte gebouw
- Bouwjaar gebouw
- BAG-gebruiksfunctie
- Economische sector(en)/SBI-sector(en)

Belangrijke input EPS per bedrijf zijn:

- Bedrijfsnaam
- Bedrijfs-ID
- Panden BAG-ID
- Aantal werknemers
- Economische sector(en)/SBI-sector(en)

Belangrijkste output EPS per bedrijf:

- Gebouwgebonden energiegebruik per energiedrager
- Procesgebonden energiegebruik per energiedrager

2.3 Aannames assets en sectoren

In deze paragraaf worden de belangrijkste aannames toegelicht die zijn gehanteerd voor de verschillende assets in de categorieën: gebouw warmtepompen, logistiek, industriële warmte, vriescellen en PV-curtailment. Voor de prognoses is zoveel mogelijk aangesloten bij de ramingen van de KEV 2024. Voor gebouw warmtepompen, logistiek en zon-PV zijn de aannames overgenomen. Voor industriële warmte en vriescellen zijn overige bronnen geraadpleegd, namelijk literatuur en expert inzichten, ook is gevalideerd met de subsidiebeschikkingen uit de SDE++ en KEV 2024 resultaten.

Gebouw warmtepompen

De resultaten voor gebouw warmtepompen voor ruimteverwarming en ruimtekoeling zijn gebaseerd op de EPS uitkomsten. Hierin is per pand de warmte- en koelbehoefte berekend. In de TNO Flex Scan is een adoptiegraad aangenomen die overeenkomt met de ramingen van de KEV (2024). In de KEV worden aannames gedaan voor het aandeel warmtepompen dat wordt geïnstalleerd per gebouwtype. Met een bewerking van TNO zijn daar aannames voor gedaan voor bedrijventerreinen. Van het totale potentiële vermogen aan warmtepompen is aangenomen dat 4,7% in 2020, 13,4% in 2030 en 17,2% in 2035 geïnstalleerd is, zie Tabel 2.1. Bij het bepalen van het elektrisch vermogen is een COP (Coëfficiënt of Performance) van 3 aangenomen. Dit is in lijn met aannames van de EPS voor koelbehoefte. Er is aangenomen dat de warmtepomp zowel in de koel- als verwarmingsbehoefte voorziet, waarbij het voor verwarming geplaatste vermogen ook toereikend is voor koeling.

Tabel 2.1: Gewogen adoptiegraad warmtepompen voor ruimteverwarming en koeling op bedrijventerreinen (bewerking op KEV, 2024).

Jaar	Adoptiegraad [%]
2020	4,7
2030	13,4
2035	17,2

PV-curtailement

Voor de bedrijventerreinen wordt er van uit gegaan dat bij alle SBI-sectoren zonnepanelen op daken geïnstalleerd kunnen worden. Ook wordt ervan uitgegaan dat dit gebeurt in alle sectoren en dat curtailment ook in alle sectoren kan worden toegepast. In deze studie wordt enkel over PV op dak gesproken en niet over losstaande systemen.

In de EPS wordt op basis van het dakoppervlak per pand een inschatting gemaakt van het opgestelde (piek)vermogen en de elektriciteitsproductie met zon-PV, op basis van het dakoppervlak. Voor bepaling van het potentieel voor curtailment is aangenomen dat een vast aandeel van het opgestelde piekvermogen in het betreffende zichtjaar kan worden afgeschakeld.

Bij het bepalen van de adoptiegraad van zon-PV op daken is uitgegaan van de aannames over de ingroei uit de KEV (2024) en het dakpotentieel van grootverbruikers in I13050v2 in het NPE. Door Netbeheer Nederland (2025) zijn prognoses gegeven voor zon op dak voor grootverbruikers in 2030 en 2050, er is uitgegaan van het Hoog Aannemelijke-Laag scenario. Deze cijfers kunnen in een lineaire trend worden doorgetrokken om inschattingen voor 2035 te maken (NetbeheerNederland, 2025). Curtailment is bedoeld om een percentage van het piekvermogen uit te schakelen tijdens piekproductiemomenten. Op basis van de Integrale Infrastructuurverkenning uit 2023 door Energie Nederland (II, 2023) is 50% curtailment aangenomen in 2030 en 2035. Dit is het percentage van installaties op daken wat curtailbaar is.

De ingroei van zowel zon-PV op daken en curtailment op zon-PV aan de hand van bovengenoemde aannames is weergegeven in Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Adoptiegraad zon-PV op daken voor grootverbruikers en adoptiegraad curtailment op zon-PV [%].

	2020	2030	2035	Bron
Zon-PV op daken	9,3	19,8	25	KEV, 2024 (bewerking op NetbeheerNederland, 2025)
Curtailment zon-PV	0	50	50	II, 2023

Logistiek

Er zijn drie assets aangenomen voor elektrificeren van mobiliteit op bedrijventerreinen, dit zijn elektrische bestelwagens, elektrische bakwagens en elektrische trekker-opleggers. Er is een onderscheid gemaakt tussen bakwagens en trekker-oplegger combinaties omdat gemiddeld genomen bakwagens minder energie verbruiken en minder grote afstanden afleggen. Heftrucks en personenwagens (woon-werk en zakelijk) zijn niet meegenomen omdat hier te weinig data over bekend is.

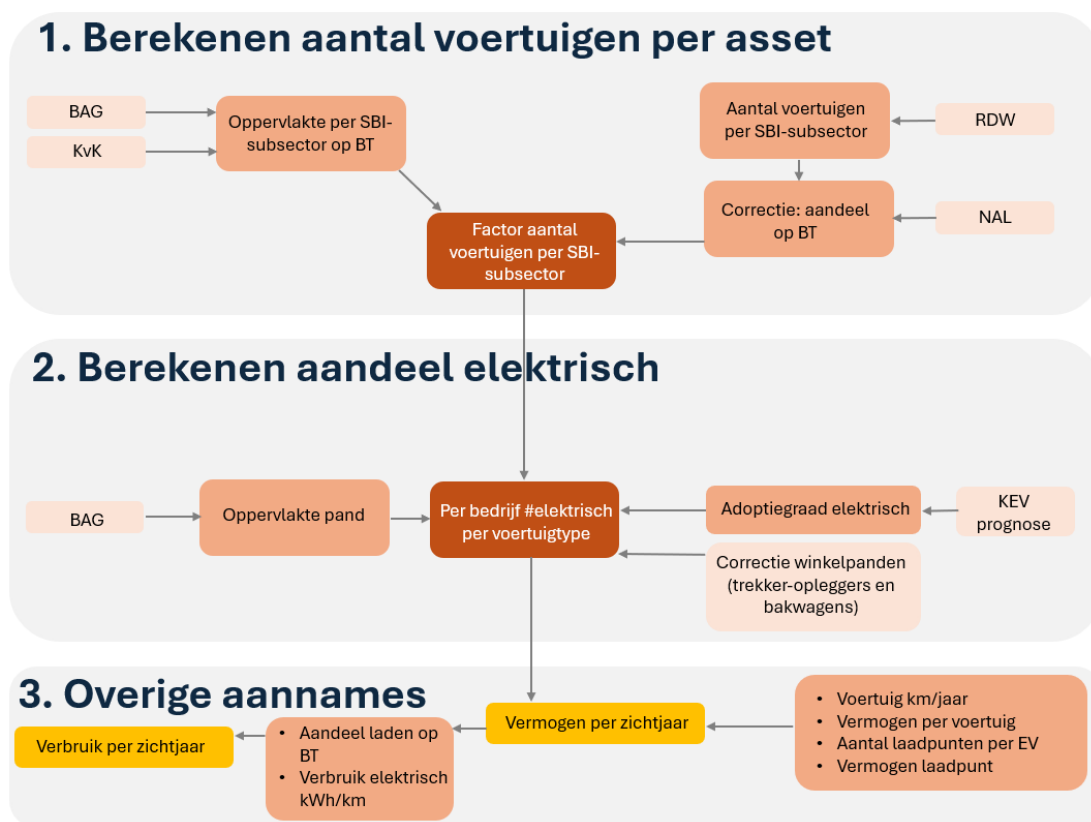
In drie stappen is het opgestelde vermogen en energieverbruik per zichtjaar bepaald, deze zijn weergegeven in Figuur 2.2. In de eerste stap worden het aantal voertuigen per voertuigtype per SBI-subsector bepaald. De totaal aantallen elektrische bestelwagens, elektrische bakwagens en elektrische trekker-opleggers zijn afgeleid uit de RDW dataset, waarin op SBI-subsector niveau de geregistreerde voertuigen te vinden zijn (RDW, 2024).

Voor elk type voertuig bevindt een bepaald aandeel van het totaal aantal voertuigen zich op een standplaats op een bedrijventerrein, hiermee is het totaal aantal gecorrigeerd, zie Tabel 2.3 geeft de kengetallen weer van de logistieksassets.

Tabel Er is aangenomen dat dit percentage gelijk is in alle SBI-sectoren en over de jaren. Daarnaast is aangenomen dat in alle sectoren elektrisch vervoer kan worden ingezet. De vastgestelde voertuigen per SBI-subcategorieën zijn verdeeld naar de bedrijven op bedrijventerreinen op basis van het bedrijfsoppervlak in m².

In de tweede stap is het aandeel elektrische voertuigen bepaald. Voor de prognose van elektrische voertuigen is zoveel mogelijk aangesloten op de KEV (2024) prognoses, zie Tabel 2.4. Daarna is per bedrijf het aantal elektrische voertuigen berekend.

In de derde stap worden overige aannames gedaan om het opgestelde vermogen en energieverbruik per zichtjaar te bepalen. De jaarkilometrages per voertuig zijn gebaseerd op data van het CBS (CBS, 2021 & 2024). Voor het vermogen van laadpunten en het aantal laadpunten per voertuig is uitgegaan van de handreiking van de NAL (NAL, 2023). Zie Tabel 2.3. Voor het energieverbruik van voertuigen is deels uitgegaan van gemeten praktijkverbruik van elektrische voertuigen en waar deze niet voorhanden zijn is uitgegaan van gesimuleerd energieverbruik op basis van TNO-modellen (TNO, 2022 & 2023). Elektrische voertuigen kunnen op verschillende vermogens worden opgeladen. Snelladen is duurder vanwege duurdere laders en (gemiddeld gezien) hogere netaansluitingskosten. Op bedrijventerreinen waar deze analyse betrekking op heeft, staan voertuigen lang genoeg stil (bijvoorbeeld 'nachts) om op lager vermogen te laden (50 tot 100 kW). Bij laden op het bedrijventerrein (depot laden) is doorgaans het geïnstalleerd vermogen van het laadpunt de beperkende factor van de combinatie voertuig en laadpunt. Het aantal laadpunten is afgerond naar hele aantallen.



Figuur 2.2: Berekeningsstappen voor elektrische voertuigen.

Tabel 2.3 geeft de kengetallen weer van de logistieksassets.

Tabel 2.3: Vaste kengetallen van assets binnen de logistiek voor elektrische bestelwagens, bakwagens en trekker-opleggers.

	Elektrische bestelwagens	Elektrische bakwagens	Elektrische trekker-opleggers	Bron
Aandeel laadvraag op bedrijventerrein	57%	90%	90%	ElaadNL, 2022
Aantal voertuigen op bedrijventerreinen	463.616	94.194	68.049	Bewerking op RDW, 2024
Aantal laadpunten per voertuig	0,5	1	1	NAL, 2023
Vermogen per laadpunt	11 kW	50 kW	50 kW	NAL, 2023

Tabel 2.4 geeft de adoptiegraad weer van de logistieke assets, deze zijn gebaseerd op de KEV, 2024.

Tabel 2.4: Adoptiegraad van elektrische bestelwagens, bakwagens en trekker-opleggers [%].

	2020	2030	2035	Bron
aandeel_elektrische_bestelwagens	0,06	27	53	KEV, 2024
aandeel_elektrische_bakwagens	0	11	33	KEV, 2024
aandeel_elektrische_trekker-opleggers	0	23	58	KEV, 2024

Reflectie methode logistiek

De toekomstprojectie ten aanzien van het aantal elektrische logistieke voertuigen is gebaseerd op de KEV. De groei van het aantal elektrische voertuigen hierin is beperkt hoger dan in de ElaadNL outlook logistiek 2025. De projecties ten aanzien van bestelauto's zijn zeer vergelijkbaar. Voor de zware wegvoertuigen bedraagt het gewogen gemiddelde aandeel elektrisch vrachtauto's en trekker-opleggers in de KEV een kleine 50% in 2035, terwijl dit volgens de Elaad outlook een kleine 40% is. Deze afwijkingen zijn het gevolg van verschillende aannames ten aanzien van bijvoorbeeld kostenontwikkelingen van voertuigen en energie en ten aanzien van netcongestie.

TNO Logistiek, M. Verbeek

Industriële warmte

De scope van de industriële warmtetechnologieën is beperkt tot de SBI-sectoren die vallen onder de hoofdgroep C Industrie. De assets die zijn meegenomen voor elektrificatie van industriële warmte zijn de industriële warmtepomp, E-boilers en E-drogers. Het aandeel gasverbruik van het proces per bedrijf is afkomstig uit de Potentiestudie (Kamphuis, Niessink, de Smidt, 2024). Om te bepalen hoe het warmteverbruik kan worden geëlektrificeerd, is in de EPS bepaald in welke SBI-subsector de asset kan worden toegepast en voor welk deel van de warmtevraag. Dit is op lager detailniveau uitgewerkt in de TNO Flex Scan aan de hand van expert aannames. Het rapport Potentiestudie energiebesparing bedrijventerreinen geeft hiervoor een overzicht en deelt de warmtevraag op in temperatuurniveaus en koppelt daar vervolgens geschikte technologieën aan (Kamphuis, Niessink, de Smidt, 2024). Omdat deze studie uitgaat van warmtevraag en de data vanuit de EPS bestaat uit gasverbruik, is aangenomen dat het gasverbruik een goede schatting geeft van de warmtevraag.

In afwezigheid van meer detail data, wordt aangenomen dat lagere SBI-codes éénzelfde onderverdeling van proceswarmte naar temperatuur niveau hebben als de SBI-02 code. Tabel 2.5 laat de aangenomen adoptiegraad zien per technologie voor een bepaald jaar. Deze kengetallen zijn geïnventariseerd op basis van TNO expert opinies. De resultaten voor industriële warmtepomp en E-boiler zijn gevalideerd voor 2030 met de SDE++ subsidiebeschikkingen.

Tabel 2.5: Adoptiegraad van de assets binnen de categorie industriële warmte [%].

Technologie	2020	2030	2035	Bron
Industriële warmtepomp	0	10	20	TNO expert opinie
E-boilers	0	20	30	TNO expert opinie
E-drogers	0	20	30	TNO expert opinie

Om de berekening te maken van de hoeveelheid elektriciteit die er per jaar nodig is voor de E-boiler en E-droger, wordt de energievraag van de asset [kWh] gedeeld door de efficiëntie. De efficiëntie waarden zijn respectievelijk 95% en 99%. De efficiëntie voor de E-droger ligt net wat hoger omdat er nauwelijks omzettingsverliezen optreden en de warmte direct in de drogeruimte wordt gegenereerd.

Voor de industriële warmtepomp is aangenomen dat het gasverbruik van het proces recht evenredig verbonden is met de warmtevraag. De energievraag van de warmtepomp [kWh] wordt gedeeld door de COP om te bepalen hoeveel elektriciteit er per jaar nodig is om deze energievraag te leveren. Voor de industriële warmtepomp wordt een COP van 4,1 gehanteerd, (Kamphuis, Niessink, de Smidt, 2024).

Voor het bepalen van het jaarlijks elektriciteitsverbruik en het benodigde opgesteld elektrisch vermogen van een industriële warmtepomp, E-boiler en E-droger wordt een aanname van een aantal vollasturen gehanteerd. Dit is het aantal uur per jaar waarin een asset theoretisch op volledige capaciteit draait om aan de jaarlijkse warmtevraag te voldoen. Tabel 2.6 geeft het aantal vollasturen per jaar per asset weer. Het aantal vollasturen van de industriële warmtepomp ligt in lijn met een inschatting van RVO (RVO, 2015) die een bandbreedte van 5.000 tot 8.000 uur per jaar hanteert voor industriële warmtepompen. Binnen deze bandbreedte is gekozen voor de waarde die leidt tot een hoge schatting van het opgestelde vermogen van de warmtepomp, en dus voor het hoogste aantal vollasturen in deze bandbreedte.

De vollasturen van E-boilers is afkomstig van een rapport van PBL waarin een berekening wordt gedaan aan het basisgedrag van grootschalige elektrische boilers (PBL, 2021). Bij E-drogers is het aantal vollasturen bepaald door experts.

Tabel 2.6: Gehanteerde aantal vollasturen per jaar per asset in de categorie industriële warmte.

	Aantal vollasturen	Bron
Industriële warmtepompen	8000	RVO, 2015
E-boilers	3000	PBL, 2021
E-drogers	2500	Expert aanname

Vriescellen

Voor bepaalde sectoren is aangenomen dat er vriescellen aanwezig zijn waar logischerwijs verwacht wordt dat deze daar nodig zijn. Dit zijn bijvoorbeeld sectoren in de voedingsmiddelenverwerking, groothandels van voedingsmiddelen of horeca. Daarnaast wordt een conservatieve aanpak gehanteerd bij het inschatten van het vermogen van flexibele assets zoals een vriescel. Het is aangenomen dat het vermogen en verbruik voor vriescellen gelijk blijft tussen 2020 en 2035. Hier is voor gekozen omdat er efficiëntie verbeteringen worden verwacht, maar ook een groei van de toepassing van vriescellen.

Welk aandeel van het elektriciteitsverbruik wordt ingezet voor vriescellen verschilt per sector. Hiervoor geldt nog steeds dat een vriescel alleen aanwezig is in subsectoren waarin logischerwijs een vriescel kan worden verwacht, i.e. niet alle subsectoren in de vervaardiging van voedingsmiddelen zullen een vriescel hebben. Tabel 2.7 geeft het percentage elektriciteitsverbruik per sector en SBI-code weer. Voor het aantal vollasturen van vriescellen wordt een waarde van 3.000 uur gehanteerd in alle sectoren waar vriescellen aanwezig zijn.

Tabel 2.7: Aandeel van elektriciteitsgebruik van vriescellen per sector,

Sector	SBI-code	Percentage elektriciteitsgebruik	Bron
Vervaardiging van voedingsmiddelen of opslag in koelhuizen	52	60%	Evans et al., 2014
Verwerking groente, fruit, en zuivel	10	20%	Expert inzicht – aangepast na validatie
Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten	21	15%	Tekworx, n.d.
Groothandel in voedings- en genotmiddelen	46	60%	Evans et al., 2014
Supermarkten of winkels in vlees/vis	47	12%	Foster et al., 2018
Eet- en drinkgelegenheden	56	28%	Mudie et al., 2013

Overzicht adoptiegraad van de assets en SBI-sectoren

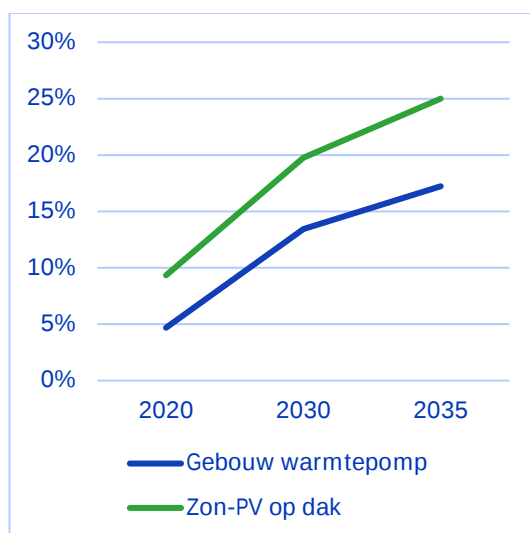
Een overzicht van de adoptiegraad en een overzicht van de relevante SBI-sectoren voor de verschillende assets wordt in deze paragraaf gegeven.

In Tabel 2.8 is weergegeven welke sectoren relevant zijn voor welke assets. De gebouw gebonden assets zijn voor alle sectoren meegenomen, terwijl de logistieke assets voor het grootste deel van de subsectoren is meegenomen. Procesindustrie is voor de subsectoren van industrie (C) sector berekend en voor vriescellen eveneens voor subsectoren G, H en I.

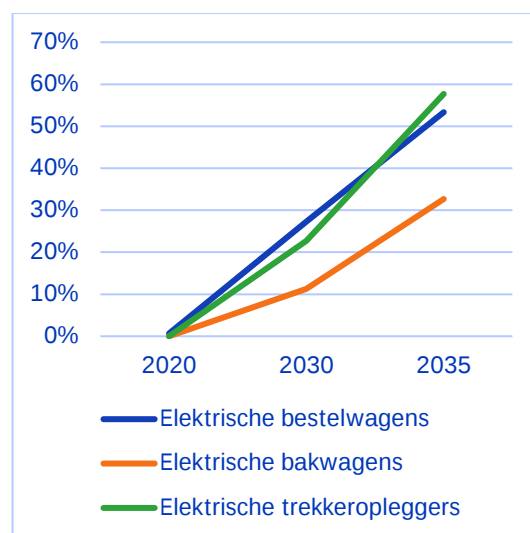
Tabel 2.8: Overzicht van dekking SBI's per asset, de intensiteit van de kleur geeft aan welk deel van de sub-SBI's is meegenomen.

Sector van de sub-SBI's in het algemeen											
Sector	Sectorletter	Gebouwgebonden			Mobiliteit			Procesindustrie			
		WP ruimteverwarming	WP koeling	Zon-PV op dak curtailment	Elektrische bedrijfswagens	Elektrische bakwagens	Elektrische trekker-opleggers	Koel- en vriescellen	Industriële WP	E-boilers	E-drogers
Landbouw	A	alle sub-SBI's			groot deel sub-SBI's						
Mijnbouw	B										
Industrie	C							sub-SBI's	sub-SBI's	sub-SBI's	sub-SBI's
Energiebedrijf	D										
Waterbedrijf	E										
Bouw	F										
Logistiek	G en H							sub-SBI's			
Logies en horeca	I							sub-SBI's			
ICT sector	J										
Financieel, zakelijk, vastgoed, verhuur roerend, advies en onderzoek	K t/m N										
Maatschappelijk vastgoed, Overheid	O t/m R										

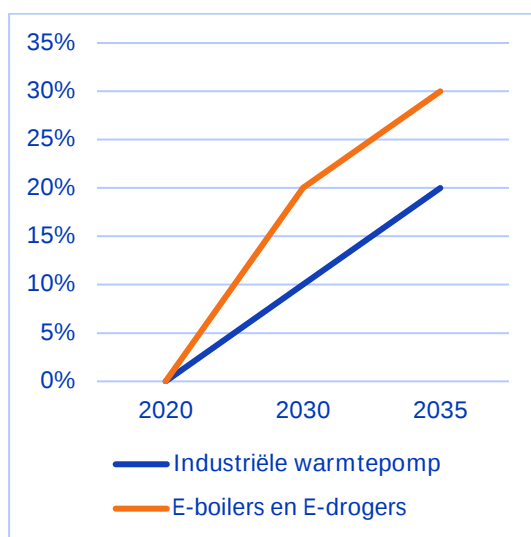
De adoptiegraad die voor de verschillende assets is aangenomen is visueel weergegeven in onderstaande figuren. In Figuur 2.3 is voor de gebouw warmtepomp en het opgestelde vermogen voor zon-PV op dak voor de verschillende zichtjaren weergegeven. In Figuur 2.4 zijn de adoptiegraden van de verschillende logistieke assets weergegeven. In Figuur 2.5 zijn de adoptiegraden van de verschillende industriële warmteassets te zien.



Figuur 2.3: Adoptiegraad voor de gebouw warmtepomp en zon-pv op dak.



Figuur 2.4: Adoptiegraad van de elektrificatie van logistieke assets als percentage van totale wagenpark.



Figuur 2.5: Adoptiegraad van de verschillende industriële warmte assets.

2.4 Correctie aardgasgebruik

Het door de EPS berekende energieverbruik van de bedrijventerreinen die binnen de scope van deze studie vallen is vergeleken met data over energielevering van het CBS. Hiervoor is de aardgas- en elektriciteitslevering aan bedrijventerreinen in 2020 gehanteerd, welke bekend is per milieucategorie en per provincie (CBS, 2023). Een correctie op het energiegebruik is uitgevoerd zoals bij de Potentiëstudie energiebesparing bedrijventerreinen (Kamphuis, Niessink & de Smidt, 2024). In deze studie is na validatie gekozen om alleen de correctie op aardgas toe te passen. De correctie zorgt ervoor dat het berekend verbruik gelijk staat aan de energielevering per milieucategorie en per provincie. Eerst wordt binnen sector C industrie een eerste correctie gedaan op aardgas voor procesenergie, vervolgens wordt een correctiefactor bepaald voor andere energieverbruiken voor gebouwen en processen per milieucategorie-provincie.

Voor assets die draaien op elektriciteit én geen elektrificatie opties zijn (ter vervanging van aardgas) is voor deze studie besloten geen correctiefactoren door te voeren. De correctiefactoren vertoonden grote verschillen per milieucategorie en per provincie en leiden in sommige milieucategorie-provincie combinaties tot onrealistische waarden voor vriescellen (of elektriciteitsverbruik) op bepaalde bedrijventerreinen. Nadere analyse wees uit dat de procesenergie van datacenters zwaar meeweegt, echter deze is niet volledig opgenomen in de EPS. Daarom is besloten geen correctie door te voeren op de assets voor het elektriciteitsverbruik van koel- en vrieshuizen, zie Tabel 2.9.

Tabel 2.9: Overzicht toepassing correctie per asset.

Asset	Correctie toegepast
Logistiek	Geen correctie toegepast
Warmtepompen gebouw	Aardgas correctie toegepast
Industriële warmte	Aardgas correctie toegepast
Vriescellen	Geen correctie toegepast
Zon-PV op dak	Geen correctie toegepast

De volgende stappen worden in de aardgas correctie uitgevoerd:

Stap 1: Uitdraai van het met de EPS berekende energieverbruik voor Nederland en naar milieucategorie-provincie combinatie. Het energieverbruik is hierbij uitgesplitst naar proces- en gebouw gebonden verbruik van elektriciteit en aardgas. Het energieverbruik per SBI-hoofdsector (letter) is berekend in de EPS. Hier zijn echter geen energieleveringsgegevens van het CBS beschikbaar, waardoor het verbruik niet per SBI-letter kon worden gecorrigeerd. Sector C vormt een uitzondering: hier is het verbruik per subsector (2-cijferig) gespecificeerd en zijn correcties doorgevoerd voor enkele subsectoren. Concreet is het verbruik voor SBI-subsectoren 19 en 33 op nul gezet, aangezien er geen procesenergie wordt gebruikt. Voor subsector 20 is het verbruik afgeleid via emissiecijfers ETS + non-ETS voor de chemische sector.

Stap 2: Vervolgens is voor de subsectoren in sector C de correctiefactor voor gas bepaald via werkelijke gaslevering/berekend aardgasverbruik. De resultaten voor deze subsectoren worden gecorrigeerd met deze correctiefactoren per milieucategorie-provincie en op SBI-subsector. Het verschil in procesenergieverbruik veroorzaakt door de correctie bij SBI 19, 20 en 33 wordt naar rato van procesenergieverbruik per SBI-subsector toegewezen aan de overige subsectoren in sector C (SBI 10 t/m 18 + 21 t/m 32). Dit zorgt ervoor dat de berekende hoeveelheid aardgas voor procesenergie in Nederland in totaal gelijk blijft (en de verhouding niet verandert).

Stap 3: Voor gebouwgebonden verbruik voor aardgas worden correctiefactoren per milieucategorie-provincie bepaald via werkelijke gaslevering/berekend aardgasverbruik. De resultaten uit de TNO Flex Scan (vermogen, verbruik) per milieucategorie-provincie worden met deze correctiefactoren vermenigvuldigd.

Resulterende correctiefactoren

De doorgevoerde correctiefactoren op het berekende aardgasverbruik voor de meegenomen bedrijventerreinen (voor Nederland als totaal) is 93%. Voor elektriciteit is ook berekend wat de verhouding tussen het berekende verbruik en het werkelijk verbruik is, namelijk 97%. Zoals eerder toegelicht wordt deze niet gebruikt voor een correctie op de assets, maar dient enkel ter illustratie van de verhouding tussen het berekende en werkelijke elektraverbruik.

3 Resultaten

Met een bottom-up methode is voor alle bedrijven op bedrijventerreinen in Nederland (behalve industrieclusters 1 t/m 5) een prognose gemaakt voor het opgesteld vermogen van mogelijk flexibel inzetbare energie assets in 2030 en 2035. De bedrijfsdata is verzameld uit verschillende bronnen (BAG, IBIS, CBS, KVK, Energie Potentieel Scan). Prognoses voor 2030 en 2035 zijn overgenomen uit de KEV 2024 en aangevuld met andere bronnen en expert inzichten. De resultaten zijn berekend in de TNO Flex Scan tool. De resultaten zijn bepaald op landelijk niveau voor het opgesteld vermogen en jaarlijks elektriciteitsverbruik, daarna zijn de resultaten uitgesplitst naar provincie.

3.1 Prognoses voor opgesteld vermogen

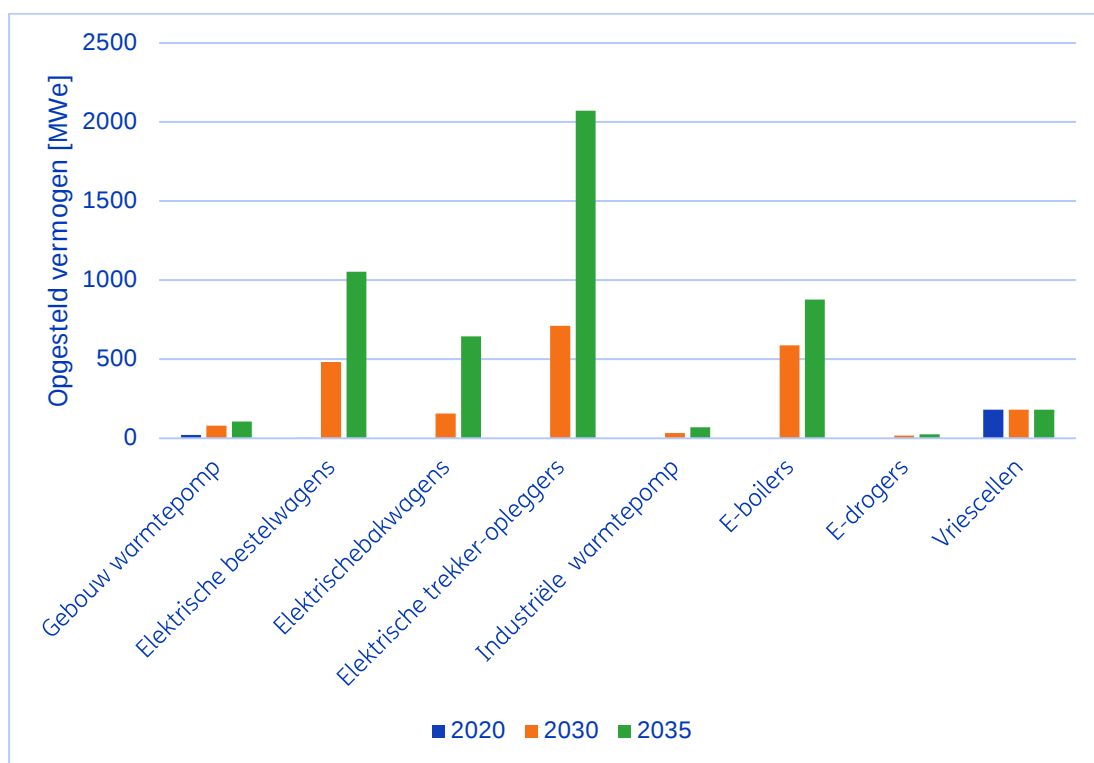
Het mogelijk flexibel inzetbare vermogen op bedrijventerreinen is in 2030 grotendeels afkomstig van elektrische trekker-opleggers, elektrische bestelwagens en E-boilers, zie Figuur 3.1. Ook in 2035 is de ingroei van de trekker-opleggers het grootst. Gevolgd door elektrische bestelwagens en elektrische bakwagens. Ook in 2035 heeft de E-boiler een aanmerkelijk aandeel in het totaal mogelijk flexibel inzetbare elektrisch vermogen. De E-droger en de industriële warmtepomp maken slechts een beperkt deel uit. Vriescellen zijn ook als mogelijk flexibele inzetbare asset meegenomen, deze zijn al elektrisch, daarom wordt er niet uitgegaan van ingroei.

In Tabel A.1 is de prognoses voor de opgestelde vermogens [MWe] op bedrijventerreinen voor de zichtjaren 2020, 2030 en 2035 weergegeven. In 2030 is de prognose dat het totale opgestelde vermogen voor elektrische trekker-opleggers op bedrijventerreinen ruim 700 MWe zal bedragen, Voor E-boilers ligt de prognose op bijna 600 MWe. Opvallend is dat zowel voor elektrische trekker-opleggers als voor E-boilers het opgesteld vermogen in 2020 nog bijna nul was. Dit betekent dat in tien jaar een sterke groei wordt verwacht in de inzet van deze assets.

In 2035 wordt verwacht dat deze groei zicht verder doorzet, het opgesteld vermogen van elektrische trekker-opleggers stijgt naar ruim 2.000 MWe. Ook E-boilers bereikt bijna 900 MWe aan opgesteld vermogen. Daarnaast groeit ook het opgesteld vermogen van elektrische bestelwagens, in 2035 wordt verwacht dat dit ruim 1.000 MWe zal zijn.

De groei in opgesteld vermogen voor andere assets is beperkter, zoals van warmtepompen voor gebouwen, industriële warmtepompen en E-drogers. Voor vriescellen blijft het opgesteld vermogen gedurende de prognose jaren onveranderd omdat het reeds aanwezige energie assets betreft.

In Bijlage A zijn de achterliggende resultaten terug te vinden.



Figuur 3.1: Het opgesteld vermogen van mogelijk flexibel inzetbare energie assets op bedrijventerreinen voor zichtjaren 2020, 2030 en 2035

Aan de aanbodkant groeit het opgestelde en curtailbaar vermogen van 2020 naar 2030 en het neemt verder toe tussen 2030 en 2035. In 2030 is het zon-PV vermogen naar verwachting ruim 4.000 MWe en daarvan is de helft curtailbaar. In 2035 neemt de ingroei van het opgestelde vermogen verder toe tot bijna 5.500 MWe, ook daarvan is de helft curtailbaar. De achterliggende resultaten zijn te vinden in Tabel B.1 in de bijlage.

Vergelijken resultaten industriële warmte met de KEV 2024

De inschatting voor de toename van het vermogen van de industriële warmtepomp is in deze studie bijna 85% lager van de in de KEV (2024). Dit is in lijn met de validatie, waaruit ook blijkt dat inschattingen voor de industriële warmtepomp in deze potentiestudie conservatief zijn. Voor E-boilers liggen de inschattingen dichterbij elkaar, de toename van het vermogen in deze studie zijn 40 tot 70% lager dan geraamd in de KEV.

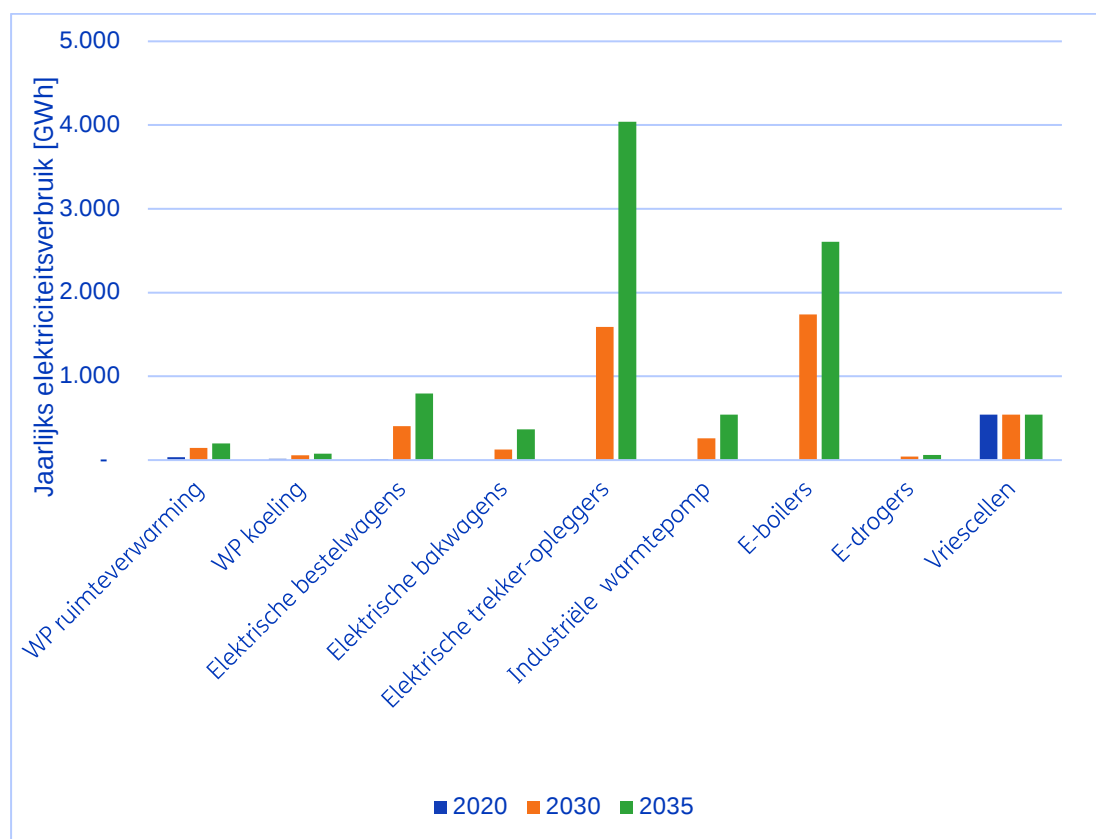
Een belangrijke reden voor de verschillen is de scope van de studies. De KEV geeft een nationaal totaalbeeld, dit is dus inclusief de energie-intensieve industrieclusters 1 t/m 5 en omvat tevens het gebruik van E-boilers als voeding van warmtenetten. In deze studie is enkel naar bedrijventerreinen gekeken en is de toepassing van E-boilers als voeding van warmtenetten buiten beschouwing gelaten, net als de industrieclusters 1 t/m 5 en activiteiten buiten bedrijventerreinen.

3.2 Prognoses voor elektriciteitsverbruik

Voor de assets die flexibel ingezet kunnen worden is ook een bottom-up inschatting van het jaarlijks elektriciteitsverbruik gemaakt. Dit geeft een beeld van de stijging van de vraag naar elektriciteit bij verdere elektrificatie op bedrijventerreinen. Evenals bij het opgesteld vermogen, is bij het jaarlijks elektriciteitsverbruik ook een stijgende trend te zien in het totaal verbruik en voor de meeste assets.

De toename van het elektriciteitsverbruik door elektrificatie bestaat in 2030 vooral uit E-boilers en elektrische trekker-opleggers, zie Figuur 3.2. Vriescellen, elektrische bestelwagens en de industriële warmtepomp hebben een kleiner aandeel. De overige assets hebben een klein aandeel. In 2035 valt de grote ingroei van de elektrische trekker-oplegger op. Ook de ingroei van de E-boiler zet verder door. De elektrische bestelwagens, de vriescellen en de industriële warmtepomp maken opnieuw een kleiner deel van de groei van het elektriciteitsverbruik op. Voor vriescellen is geen groei verwacht, het betreft enkel het verbruik in deze sectoren.

In 2020 bedraagt het totale jaarlijkse elektriciteitsverbruik van de energie assets op bedrijventerreinen ongeveer 600 miljoen kWh. In 2020 is dit met name verbruik van vriescellen, de andere assets zijn verwaarloosbaar (~ 0). Volgens verwachting stijgt dit elektriciteitsverbruik naar bijna 5.000 miljoen kWh in 2030 en verdubbelt dat bijna tot ruim 9000 miljoen kWh in 2035. In Tabel A.2 in de bijlage zijn de achterliggende resultaten terug te vinden.



Figuur 3.2: Jaarlijks elektriciteitsverbruik van energie verbruikende assets voor de zichtjaren 2020, 2030 en 2035.

Groei in elektriciteitsvraag

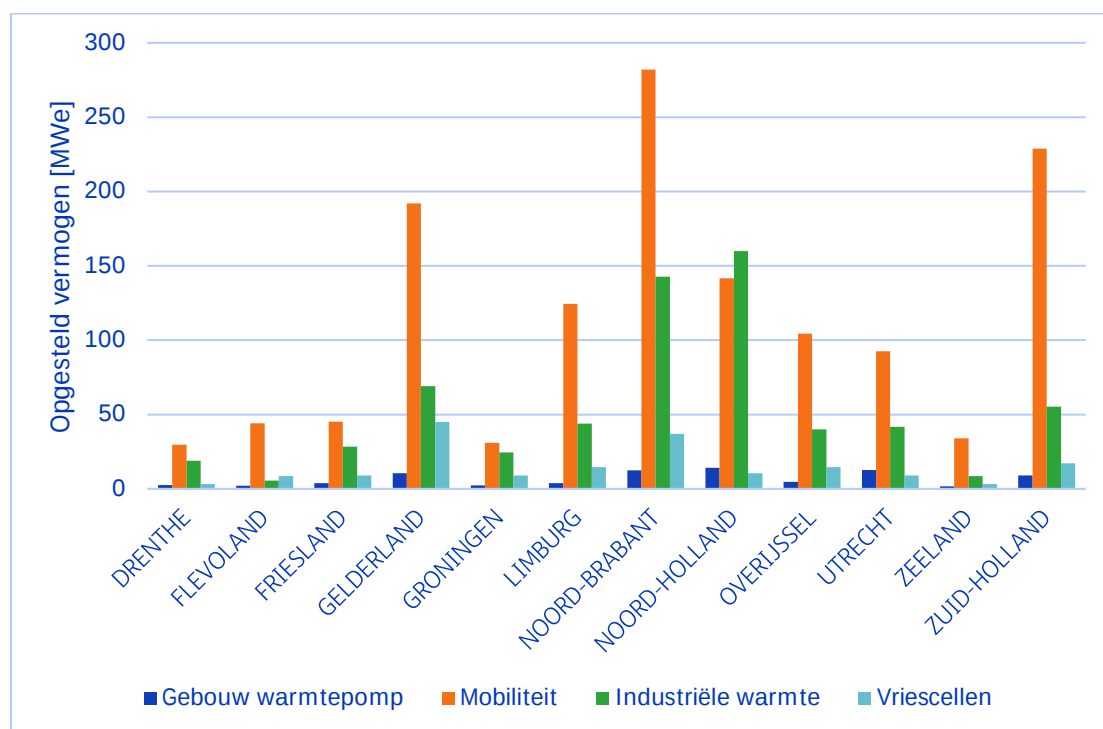
De elektrificatie van warmte en logistiek vraagt om een groei in opwek van duurzame elektriciteit. In 2020 rapporteerde het CBS een elektriciteitsvraag van 28.111 miljoen kWh voor bedrijventerreinen. De theoretische verwachting ingroei mogelijk flexibel inzetbare assets in 2030 zou een groei van 18% van het elektriciteitsvraag betekenen, dit loopt verder

op tot 33% in 2035. Deze vraag zal deels worden opgevangen door de verwachte groei in zon-PV op dak.

3.3 Prognose opgesteld vermogen per provincie

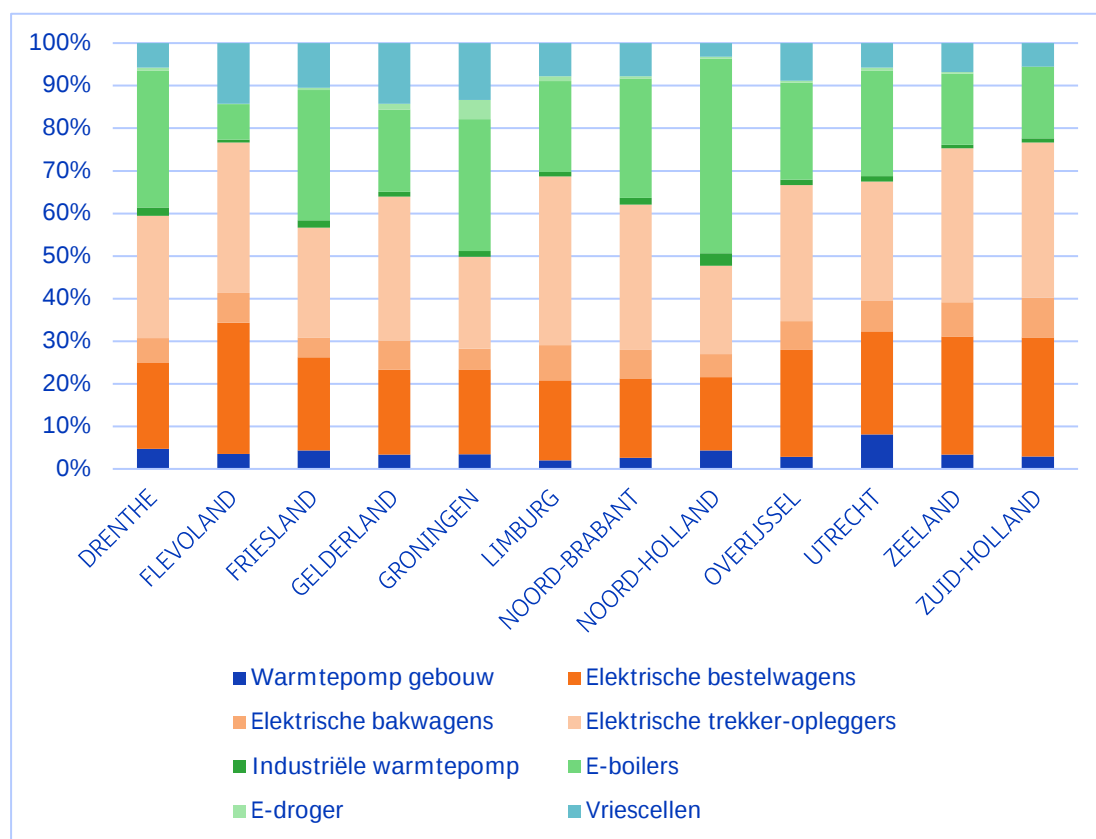
Het mogelijk flexibel inzetbare vermogen op bedrijventerreinen is ook weergegeven per provincie. Hiervoor zijn de flexibele assets gecategoriseerd naar gebouw warmtepompen, logistiek, industriële warmte en vriescellen. Onder logistiek vallen de elektrische trekker-opleggers, de bakwagens en de bestelwagens. Onder industriële warmte de industriële warmtepomp en de E-boiler. De resultaten zijn zichtbaar voor zichtjaar 2030 en 2035.

In Figuur 3.3 is te zien dat in de prognose voor 2030 Noord-Brabant het meeste mogelijk flexibel inzetbaar vermogen heeft. Gevolgd door Noord-Holland, Gelderland en Zuid-Holland welke een vergelijkbaar flexibel vermogen hebben. Ook is de prognose dat elke provincie logistieke assets zal hebben in 2030, maar dat de grootte sterk verschilt tussen de provincies. Verder valt te zien dat de meeste verwachting van ingroei mogelijk flexibel inzetbare assets voor industriële warmte in Noord-Holland en Noord-Brabant zit. De gebouw warmtepomp heeft het meeste opgestelde vermogen in Utrecht, Noord-Holland en Noord-Brabant. De vriescellen komen vooral terug in Noord-Brabant en Gelderland.



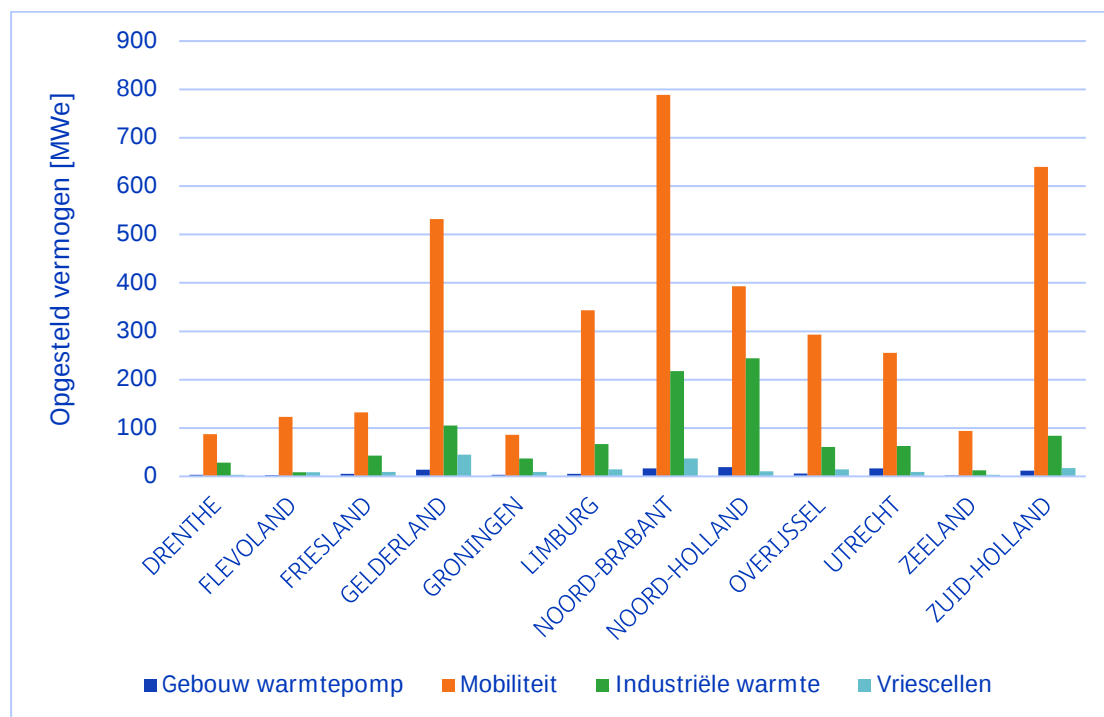
Figuur 3.3: Het opgesteld vermogen van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2030. De categorieën mobiliteit en industriële warmte omvatten in dit rapport beide drie individuele assets.

De resultaten zijn per provincie verder opgedeeld naar het aandeel in het opgesteld vermogen per energie-asset in 2030, zie Figuur 3.4. Het aandeel van E-boilers en elektrische trekker-opleggers is het grootst in de meeste provincies. Kleine verschillen tussen provincies zijn te zien, bijvoorbeeld Noord-Holland waar E-boilers bijna de helft van het totaal opgestelde vermogen in die provincie omvat. Terwijl in Limburg, Zeeland, Zuid-Holland, Noord-Brabant en Gelderland de elektrische trekker-oplegger ruim een derde van het opgestelde vermogen in de betreffende provincie omvat. Het aandeel van de E-droger is het grootst in de provincie Gelderland, in de andere provincies maakt deze asset een zeer beperkt onderdeel uit van het totale vermogen van de assets. Energie assets als de vriescellen, warmtepomp gebouw en elektrische bakwagens zijn in mindere mate in alle provincies aanwezig.



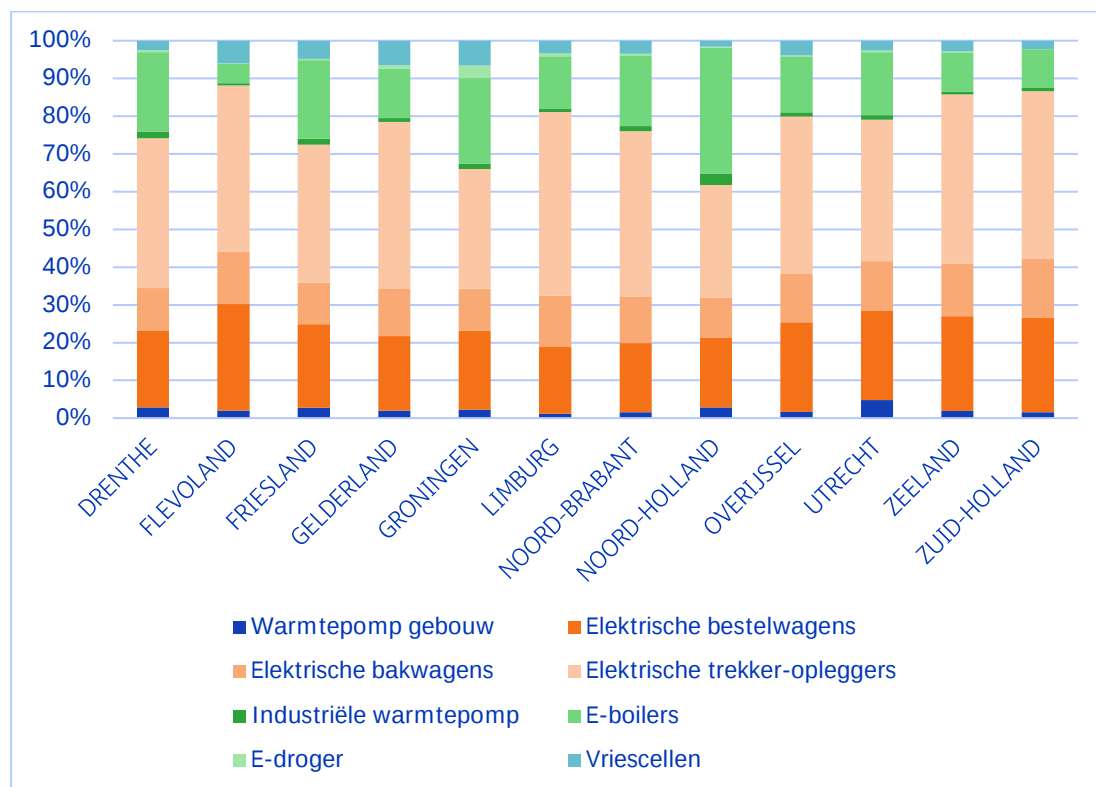
Figuur 3.4: Verdeling van het opgesteld vermogen van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2030.

In 2035 neemt het opgestelde vermogen verder toe. In Figuur 3.5 is te zien dat de prognoses het hoogst zijn voor Noord-Brabant, Zuid-Holland en Gelderland. Voor alle provincies bestaat het merendeel van het mogelijk flexibel in te zetten vermogen uit logistieke assets op bedrijventerreinen. In Noord-Holland en Noord-Brabant is het aandeel industriële warmte ook substantieel. De gebouw warmtepomp komt naar verwachting vooral voor in Noord-Brabant, Noord-Holland en Utrecht. Vriescellen zijn vooral opgesteld in Noord-Brabant en Gelderland.



Figuur 3.5: Het opgesteld vermogen van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2035. De categorieën mobiliteit en industriële warmte omvatten in dit rapport beide drie individuele assets.

Ook deze resultaten 2035 resultaten zijn per provincie verder opgedeeld naar het aandeel in het opgesteld vermogen per energie asset, zie Figuur 3.6. Opvallend is dat van de individuele assets het aandeel elektrische trekker-oplegger in alle provincies nu het grootst is, op Noord-Holland na. Daar is het aandeel van de E-boiler nog steeds het grootst.



Figuur 3.6: Verdeling van het opgesteld vermogen van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2035

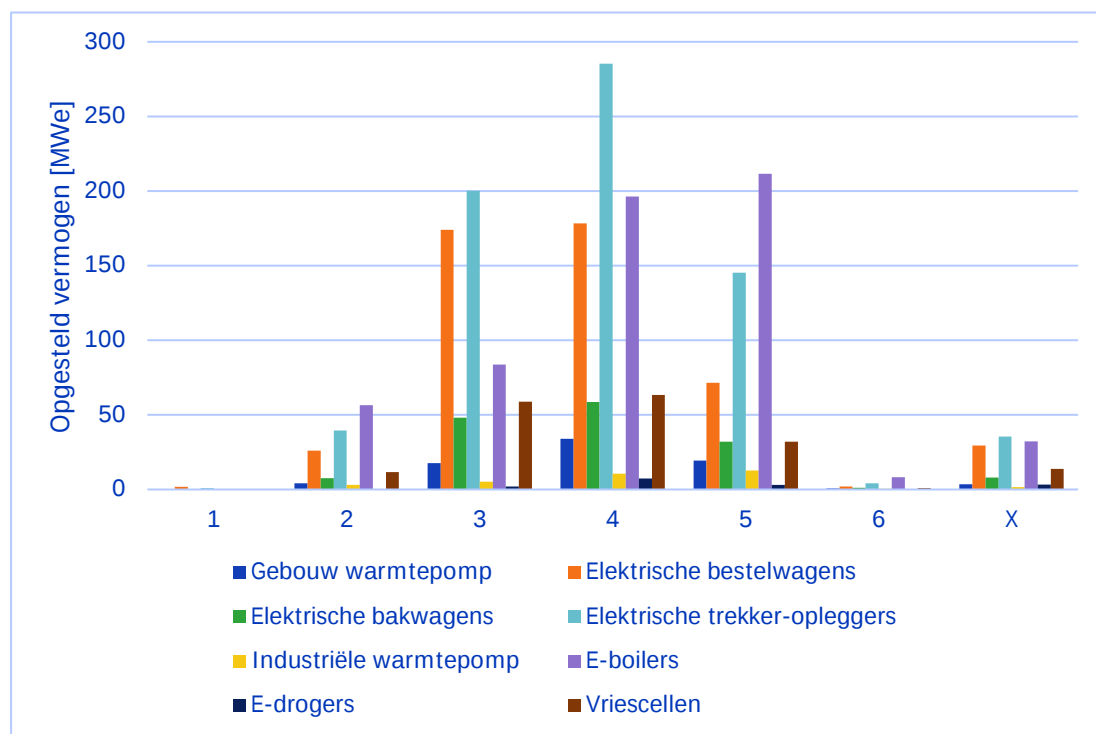
3.4 Prognose opgesteld vermogen per milieucategorie

De prognose voor opgesteld vermogen voor de energie assets op bedrijventerreinen is ook bepaald per milieucategorie. In Tabel 3.1 is te zien hoeveel bedrijventerreinen onder iedere milieucategorie vallen. Milieucategorie 3 en 4 zijn in aantallen bedrijventerreinen het grootst.

Tabel 3.1: Aantal bedrijventerreinen per milieucategorie.

	Milieucategorie						
	1	2	3	4	5	6	X ³
Aantal bedrijventerreinen	8	381	1.448	1.022	289	18	293

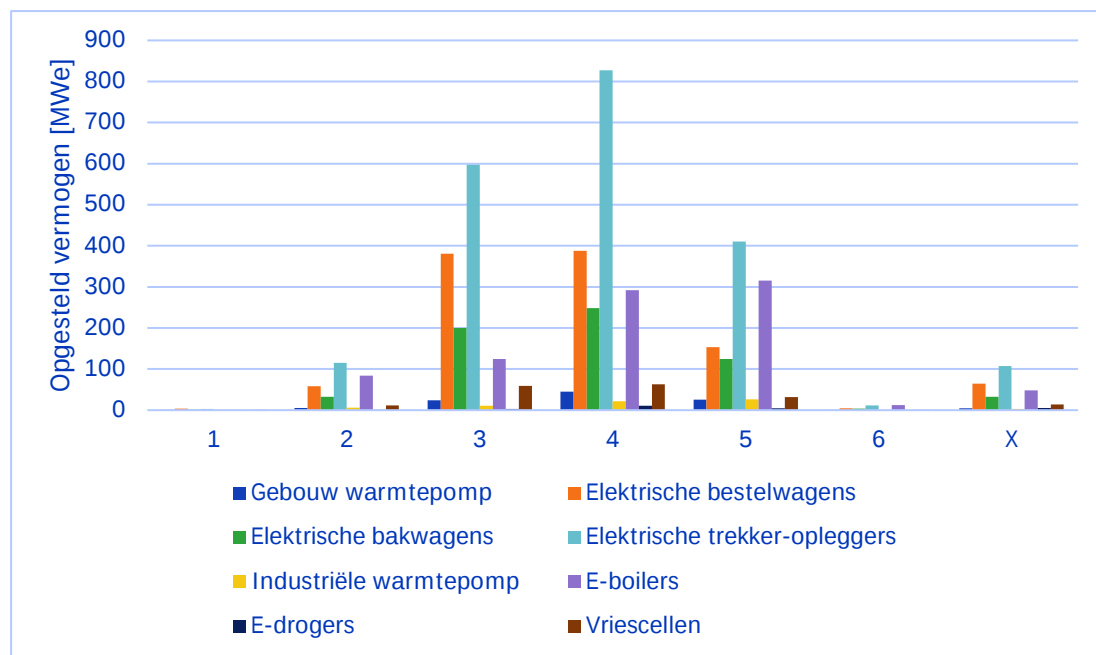
De prognoses van het opgestelde vermogen zijn weergegeven in Figuur 3.7 voor 2030. In deze figuur is te zien dat het totaal opgestelde vermogen van elektrisch trekker-opleggers het grootst is in milieucategorie 4, 3 en 5. Het vermogen van E-boilers is het grootst in milieucategorie 5 en 4. De elektrische bestelwagens zijn vooral te vinden op bedrijventerreinen in milieucategorie 4 en 3. De milieu categorieën 1, 2, 6 en X hebben volgens de prognose een beperkt opgesteld vermogen. Zie de tabel in Bijlage B voor de achterliggende data.



Figuur 3.7: Verdeling van het totaal opgesteld vermogen in MWe van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per bedrijventerrein per milieucategorie in 2030.

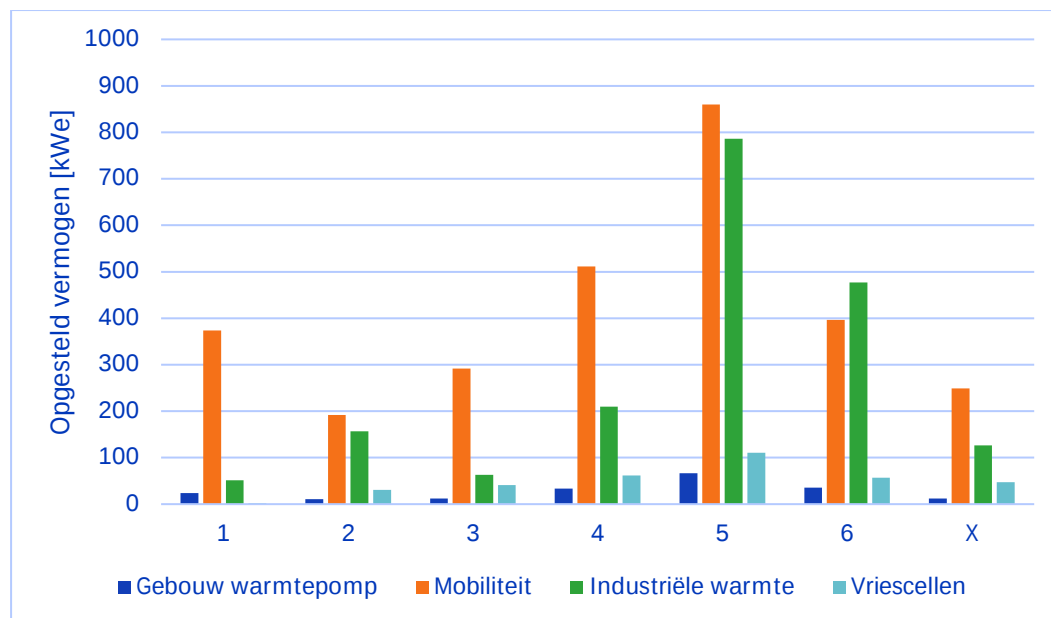
³ Milieucategorie X verwijst naar onbekende milieucategorie

In Figuur 3.8 is het opgesteld vermogen per milieucategorie voor 2035 weergegeven. De toename in het opgestelde vermogen van elektrische trekker-opleggers concentreert zich vooral in milieucategorie 4, 3 en 5. Het opgestelde vermogen van de elektrische bestelwagens is het grootst voor milieucategorie 3 en 4. De het opgestelde vermogen van E-boilers zit vooral in milieucategorie 5 en 4. Zie de tabel in Bijlage B voor de achterliggende data.



Figuur 3.8: Verdeling van het totaal opgesteld vermogen in MWe van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per bedrijventerrein per milieucategorie in 2035.

De opgestelde vermogens concentreren zich op een beperkt aantal bedrijventerreinen. In Figuur 3.9 is het totale opgestelde vermogen per milieucategorie gedeeld door het aantal bedrijventerreinen in de categorie. De grootste concentratie bevindt zich op bedrijventerreinen met een milieucategorie 4, 5 en 6. Vooral milieucategorie 5, waar bijna 300 bedrijventerreinen onder vallen kent gemiddeld per bedrijventerrein een hoog opgesteld vermogen voor logistiek en industriële warmte.

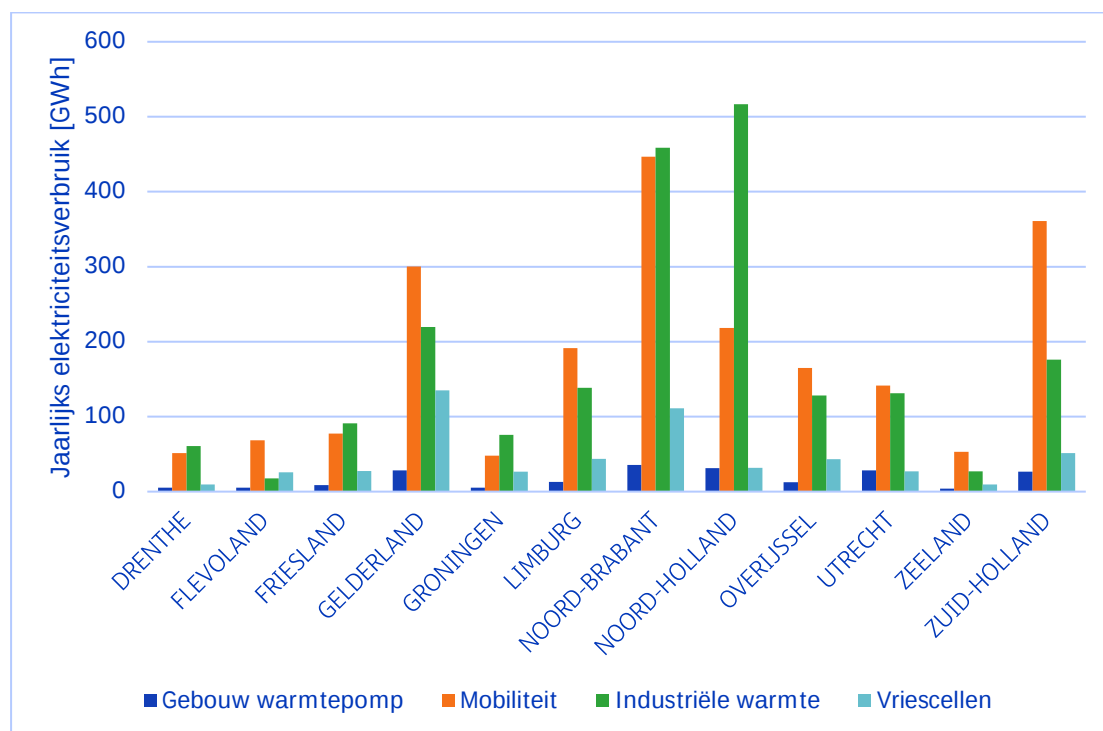


Figuur 3.9: Het gemiddeld opgesteld vermogen in kW_e van flexibel inzetbare energie assets per bedrijventerrein per milieucategorie in 2030. De categorieën mobiliteit en industriële warmte omvatten in dit rapport beide drie individuele assets.

3.5 Prognose elektriciteitsverbruik per provincie

Het elektriciteitsverbruik van mogelijk flexibel inzetbare energie assets op bedrijventerreinen is weergegeven per provincie. Hiervoor zijn de flexibele assets gecategoriseerd⁴ naar gebouw warmtepompen, logistiek, industriële warmte en vries.

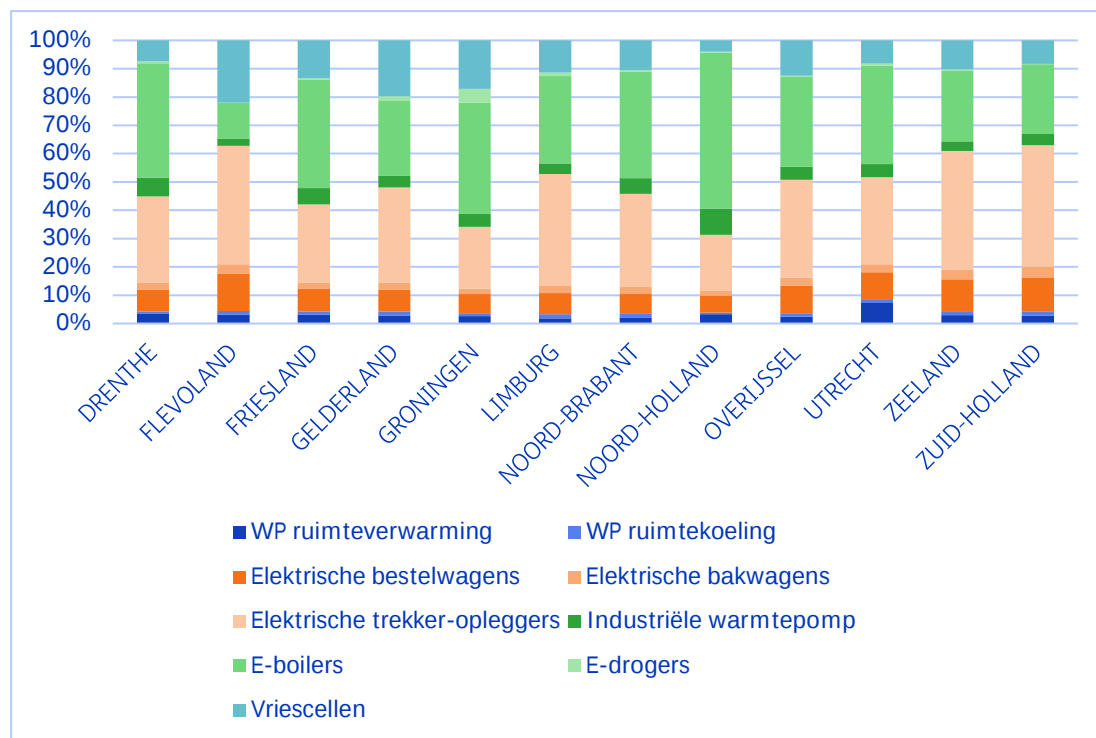
Het elektriciteitsverbruik van mogelijk flexibel inzetbare energie assets op bedrijventerreinen voor 2030 is volgens de prognoses het hoogst voor de provincies Noord-Brabant, Noord-Holland, Gelderland en Zuid-Holland. Het elektriciteitsverbruik bestaat voornamelijk uit de industriële warmte assets en logistieke assets, zie Figuur 3.10.



Figuur 3.10: Het elektriciteitsverbruik van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2030. De categorieën mobiliteit en industriële warmte omvatten in dit rapport beide drie individuele assets.

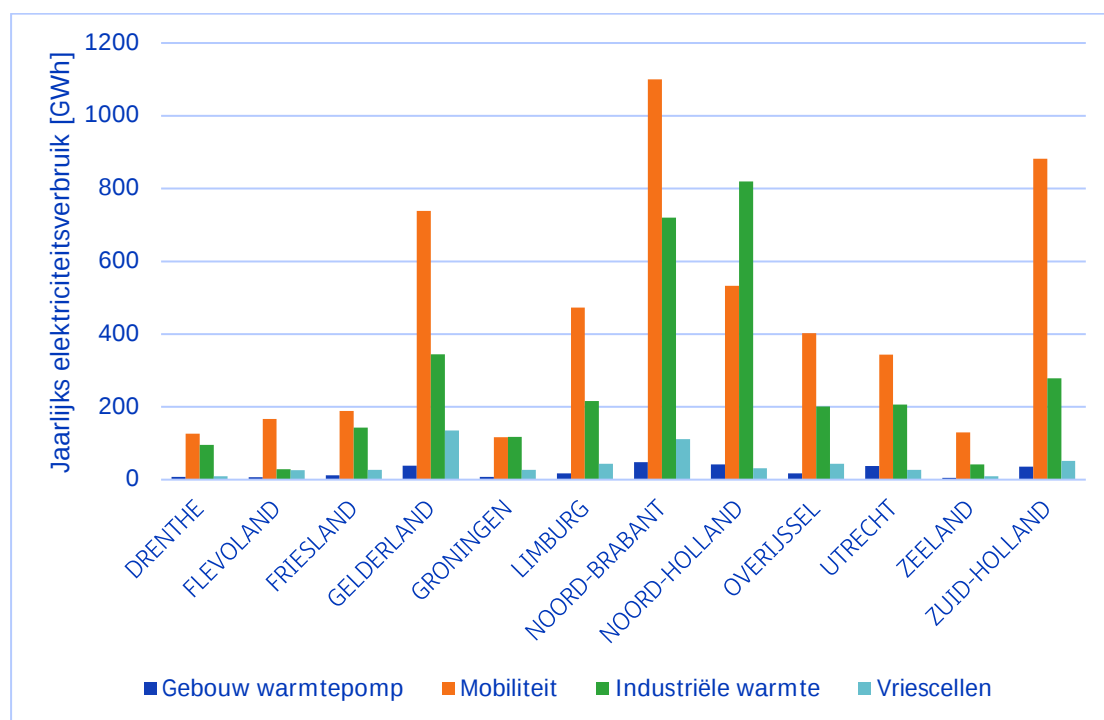
⁴ Onder mobiliteit vallen de elektrische trekker-opleggers, de bakwagens en de bestelwagens. Onder industriële warmte de industriële warmtepomp, de E-boiler en de E-droger.

Het elektriciteitsverbruik is per provincie opgesplitst om te kunnen zien welke energie assets per provincie het grootste aandeel in het verbruik hebben, zie Figuur 3.11. Het elektriciteitsverbruik van de E-boiler en de trekker-opleggers is in alle provincies het grootste deel van het verbruik. Voor de provincies Flevoland, Gelderland, Limburg, Overijssel, Zeeland en Zuid-Holland heeft de trekker-oplegger het grootste aandeel in het elektriciteitsverbruik, voor de andere provincies is dat de E-boiler.



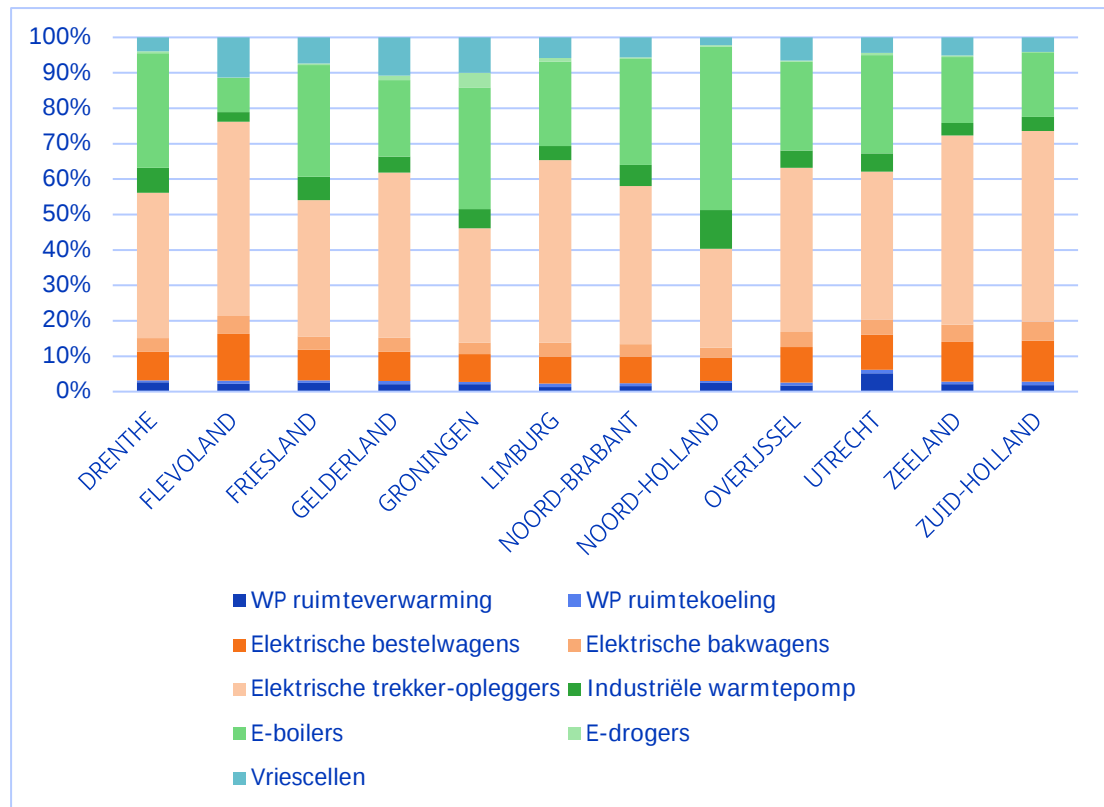
Figuur 3.11: Verdeling van het elektriciteitsverbruik van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2030.

Voor het zichtjaar 2035 is het elektriciteitsverbruik van de energie assets het hoogst voor de provincies Noord-Brabant, Noord-Holland, Gelderland en Zuid-Holland, net als in 2030, zie Figuur 3.12.



Figuur 3.12: Het elektriciteitsverbruik van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2035. De categorieën mobiliteit en industriële warmte omvatten in dit rapport beide drie individuele assets.

Het elektriciteitsverbruik is per provincie opgesplitst om te kunnen zien welke energie assets per provincie het grootste aandeel in het verbruik hebben, zie /
 Figuur 3.13. Voor de meeste provincies is het elektriciteitsverbruik van de elektrische trekker-opleggers het grootst. Ook het elektriciteitsverbruik van de E-boiler is groot. Voor de provincies Noord-Holland en Groningen is het verbruik van de E-boiler groter dan voor de elektrische trekker-opleggers, voor de andere provincies is het verbruik van de trekker-oplegger het grootst.



Figuur 3.13: Verdeling van het elektriciteitsverbruik van mogelijk flexibel inzetbare energie assets per provincie op bedrijventerreinen voor 2035.

Vergelijken met huidig aardgas en elektriciteitsverbruik per provincie

In de rapportage van het energiebesparingspotentieel op bedrijventerreinen is per provincie het aardgas- en elektriciteitsverbruik in 2020 weergegeven (Kamphuis, Niessink, de Smidt, 2024). De trend in de prognose voor industriële warmtevraag vertoont overeenkomsten met het aardgasverbruik per provincie.

4 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van deze rapportage was om een nieuwe methodiek te ontwikkelen voor het modelleren van prognoses gebaseerd op verifieerbare micro data. Wegens het sterk veranderlijke domein blijft er onzekerheid in de uitkomsten van deze prognoses zitten. De belangrijkste conclusies en aanbevelingen staan hieronder beschreven.

Concluderend, van de onderzochte energie assets bieden de elektrificatie van logistiek en industriële warmte de grootste prognose in opgestelde vermogens.

De sterkste groei wordt voorzien in de elektrificatie van de logistiek, met name bij trekker-opleggers en e-boilers. De prognoses voor opgesteld elektrisch vermogen voor 2030 van elektrische trekker-opleggers is ruim 700 MW en van E-boilers bijna 600 MW. In 2035 groeit het vermogen van deze assets verder, de prognose voor opgesteld vermogen van elektrische trekker-opleggers is dan ruim 2.000 MW, voor elektrische bestelwagens ruim 1.000 MW en E-boilers bijna 900 MW. De provincies Noord-Brabant, Noord-Holland, Gelderland en Zuid-Holland hebben volgens de prognoses het meeste opgestelde vermogen van de energie assets. Volgens de prognose concentreert het totaal opgesteld vermogen zich vooral op bedrijventerreinen met milieucategorie 3, 4 en 5. Wanneer gekeken wordt naar een portfolio van bedrijventerreinen dan is gemiddeld per bedrijventerrein het opgestelde vermogen in milieucategorie 5 en 6 het hoogst.

Deze studie heeft met behulp van microdata op het niveau van individuele bedrijven bepaald voor een aantal geselecteerde assets wat de prognoses van opgesteld vermogen zijn voor 2030 en 2035. Verder onderzoek is nodig om te bepalen welk deel van dat vermogen flexibel ingezet kan worden. In deze theoretisch inschatting is de beschikbare elektriciteitsaansluiting van een bedrijf en (lokale) netcongestie niet meegenomen in de analyse. Bij de adoptiegraden is zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij de Klimaat en Energieverkenning. In de studie zijn de industriële clusters 1 t/m 5 en activiteiten buiten bedrijventerreinen buiten beschouwing gelaten. Op bedrijventerreinen zijn een aantal assets meegenomen in de analyse. Datacenters, WKKs, elektrolyzers, opslag en E-boilers gebruikt voor voeding van warmtenetten en verschillende andere industriële warmte assets, zoals ovens, zijn buiten beschouwing gelaten wegens budgettaire beperkingen. Ook is er geen rekening gehouden met verandering van samenstelling van bedrijven tot 2035.

Aanbevelingen voor toepassing en vervolg

Om het inzicht in flexibel inzetbaar vermogen op bedrijventerreinen verder te verdiepen, wordt aanbevolen om vervolgonderzoek te richten op het toevoegen van extra assettypen, zoals ovens voor industriële warmte, laadpleinen voor openbaar vervoer, energieopslag, elektrolyzers en datacenters. Daarmee kan het potentieel van energy hubs vollediger worden ingeschat. Daarnaast is het wenselijk om het zichtjaar 2040 toe te voegen, aangezien dit voor veel beleidsstudies een relevant referentiejaar is. Ook is het belangrijk om van nationale aannames voor logistiek over te stappen naar regionale aannames, bijvoorbeeld door onderscheid te maken tussen stedelijke en landelijke gebieden. Verder dienen lokale knelpunten in het elektriciteitsnet te worden meegenomen op basis van de nieuwste capaciteitskaarten, en moet de impact van deze assets op netverzwaring en netcongestie expliciet worden gemaakt. Ook is het interessant om te onderzoeken hoe

sectoren op basis van hun verbruiksprofielen met elkaar gematcht kunnen worden voor flexibiliteitsdoeleinden. Dit kan verder inzicht geven in welke matches er tussen kunnen bestaan voor flexibiliteit en wat de rol van energy hubs kan zijn.

Bronnenlijst

CBS (2021). Verkeersprestaties vrachtvoertuigen; kilometers, gewicht 2001-2020. <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84651NED/table>

CBS (2023). Energielevering bedrijventerreinen naar milieucategorie. Opgehaald van <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2023/49/energielevering-bedrijventerreinen-naar-milieucategorie-2020>

CBS (2024). Verkeersprestaties bestelauto's; kilometers, brandstofsoort, grondgebied. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/85414NED>

CBS (2025). Warmtepompen; aantallen, thermisch vermogen en energiestromen. <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/85523NED>

Elaadnl (2022). Bedrijventerreinen in beweging Outlook Logistiek & Bedrijventerreinen https://elaad.nl/wp-content/uploads/downloads/Outlook_Bedrijventerreinen_in_Beweging.pdf

Evans, J. A., Foster, A. M., Huet, J. M., Reinholdt, L., Fikiin, K., Zilio, C., ... & Van Sambeek, T. W. M. (2014). Specific energy consumption values for various refrigerated food cold stores. *Energy and Buildings*, 74, 141-151.

Foster, A., Evans, J., & Maidment, G. G. (2018, April). Benchmarking of supermarket energy consumption. In *5th International Institute of Refrigeration Conference on Sustainability and the Cold Chain*. IIR.

Kamphuis, V., Niessink, R., de Smidt, R. (2024). Potentie energiebesparing bedrijventerreinen. <https://publications.tno.nl/publication/34642259/XJK6ys/TNO-2024-R10511.pdf>

II (2023). Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050. <https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/integrale-infrastructuurverkenning-2030-2050>

Kamphuis et al. (2023). Overzicht rekenregels Energiepotentieelscan (EPS). EPS webtool v. 2023.0. (intern rapport).

KEV (2024). Klimaat- en Energieverkenning 2024. <https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2024>

Mudie, S., Essah, E. A., Grandison, A., & Felgate, R. (2016). Electricity use in the commercial kitchen. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 11(1), 66-74.

NAL (2023). Uitrol van laadinfrastructuur op bedrijventerreinen. https://nklnederland.nl/wp-content/uploads/2023/01/Handreiking-uitrol-laadinfrastructuur-op-bedrijventerreinen_DEF.pdf

NetbeheerNederland (2025). Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025. https://www.netbeheernederland.nl/sites/default/files/2025-05/netbeheer_nederland_scenarios_editie_2025_-_def_12-05.pdf

<https://www.netbeheernederland.nl/artikelen/nieuws/netbeheer-nederland-scenarios-editie-2025>

PBL (2021). Conceptadvies SDE++ Grootschalige elektrische boilers.

<https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/pbl-2021-conceptadvies-sde-plus-plus-2022-grootschalige-elektrische-boilers-4389.pdf>

RDW (2024). Intern TNO dataset RDW registraties op SBI-subsector voor aantallen personenwagens, bestelauto's, trekkers en vrachtwagens.

RVO (2015). Industriële warmtepompen.

https://www.rvo.nl/sites/default/files/2016/02/140220-01%20RVO_Warmtepompen_04.pdf

Tekworkx (n.d.) Cutting Costs and Boosting Efficiency: Energy Optimization for Pharma Cold Storage. <https://www.tekworkx.us/blog/efficiency-energy-optimization-for-pharma-cold-storage/>

TNO (2023). Real-world fuel consumption and electricity consumption of passenger cars and light commercial vehicles – 2023

<https://publications.tno.nl/publication/34642358/YuUfql/TNO-2023-R12726.pdf>

TNO (2022). Techno-economic uptake potential of zero emission trucks in Europe.

https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Veranstaltungen/2022/Elektrische-Lkw/TNO_2022_R11862_Techno-economic_uptake_potential_of_zero-emission_trucks_in_Europe.pdf

Bijlage A

Resultaten flexibel vermogen

In Tabel A.1 is de prognoses voor de opgestelde vermogens [MWe] op bedrijventerreinen voor de zichtjaren 2020, 2030 en 2035 weergegeven. In 2030 is de prognose dat het totale opgestelde vermogen voor elektrische trekker-opleggers op bedrijventerreinen ruim 700 MWe zal bedragen, Voor E-boilers ligt de prognose op bijna 600 MWe. Opvallend is dat zowel voor elektrische trekker-opleggers als voor E-boilers het opgesteld vermogen in 2020 nog bijna nul was. Dit betekent dat in tien jaar een sterke groei wordt verwacht in de inzet van deze assets.

In 2035 wordt verwacht dat deze groei zicht verder doorzet, het opgesteld vermogen van elektrische trekker-opleggers stijgt naar ruim 2.000 MWe. Ook E-boilers bereikt bijna 900 MWe aan 900 MWe aan opgesteld vermogen. Daarnaast groeit ook het opgesteld vermogen van elektrische bestelwagens, in 2035 wordt verwacht dat dit ruim 1.000 MWe zal zijn.

De groei in opgesteld vermogen voor andere assets is beperkter, zoals van warmtepompen voor gebouwen, industriële warmtepompen en E-drogers. Voor vriescellen blijft het opgesteld vermogen gedurende de prognose jaren onveranderd omdat het reeds aanwezige energie assets betreft.

Tabel A.1: Prognoses voor de opgestelde vermogens [MWe] op bedrijventerreinen voor de zichtjaren 2020, 2030 en 2035.

Asset	2020	2030	2035
Warmtepomp gebouw	20	79	106
Elektrische bestelwagens	3	483	1.053
Elektrische bakwagens	~ 0	156	644
Elektrische trekker-opleggers	~ 0	711	2.072
Industriële warmtepomp	~ 0	33	69
E-boilers	~ 0	589	877
E-drogers	~ 0	16	24
Vriescellen	181	181	181

In Tabel A.2 is het jaarlijks theoretisch elektriciteitsverbruik [miljoenen kWh] op bedrijventerreinen van de assets voor de zichtjaren 2020, 2030 en 2035 weergegeven. Het jaarlijks theoretisch elektriciteitsverbruik laat een sterke stijging zien voor bepaalde assets. Net zoals bij het opgesteld vermogen stijgt het verbruik van elektrische trekker-opleggers en E-boilers. Waar het verbruik van beide categorieën in 2020 vrijwel nihil was, stijgt het elektriciteitsverbruik van elektrische trekker-opleggers in 2030 naar ruim 1.500 miljoen kWh en van E-boilers naar ruim 1.700 miljoen kWh.

Bij E-boilers is de groei zelfs nog iets sterker: hun verbruik komt in 2030 uit op ruim 1.700 miljoen kWh. Deze stijgende lijn zet zich door richting 2035. Dan lopen de cijfers verder op tot respectievelijk ruim 4.000 miljoen kWh voor de elektrische trekker-opleggers en ruim 2.600 miljoen kWh voor de E-boilers. Vooral bij de elektrische trekker-opleggers is de toename groot.

Voor elektrische bestelwagens en bakwagens is er ook sprake van een stijging in het jaarlijks elektriciteitsverbruik, maar deze groei blijft relatief beperkt. Dit geldt ook voor de industriële warmtepomp en de warmtepomp voor ruimteverwarming, ook daar is de toename minimaal. Voor vriescellen blijft het jaarlijks verbruik gelijk gedurende de prognose jaren.

Tabel A.2: Jaarlijks theoretisch elektriciteitsverbruik [miljoenen kWh] op bedrijventerreinen van de assets voor de zichtjaren 2020, 2030 en 2035.

Asset	2020	2030	2035
Warmtepomp ruimteverwarming	34	146	199
Warmtepomp ruimtekoeling	16	57	76
EV bestelwagens	10	406	794
EV bakwagens	~ 0	127	366
EV trekker-opleggers	~ 0	1.590	4.040
Industriële warmtepomp	~ 0	262	544
E-boilers	~ 0	1.739	2.608
E-drogers	~ 0	40	61
Vriescellen	542	542	542

In Tabel A.3 en Tabel A.4 is het totaal opgesteld vermogen MWe van flexibel inzetbare energie assets per bedrijventerrein per milieucategorie in 2030 en 2035 weergegeven. De grootste concentratie bevindt zich op bedrijventerreinen met een milieucategorie 4 en 5.

Tabel A.3: Het totaal opgesteld vermogen MWe van flexibel inzetbare energie assets per bedrijventerrein per milieucategorie in 2030.

	Milieucategorie						
	1	2	3	4	5	6	X
Gebouw warmtepomp	~ 0	4	18	34	19	1	4
Elektrische bestelwagens	2	26	174	178	71	2	30
Elektrische bakwagens	~ 0	8	48	59	32	1	8
Elektrische trekker-opleggers	1	40	200	285	145	4	36
Industriële warmtepomp	~ 0	3	5	11	13	~ 0	1
E-boilers	~ 0	56	84	196	212	8	32
E-drogers	~ 0	~ 0	2	7	3	~ 0	3
Vriescellen	~ 0	12	59	63	32	1	14

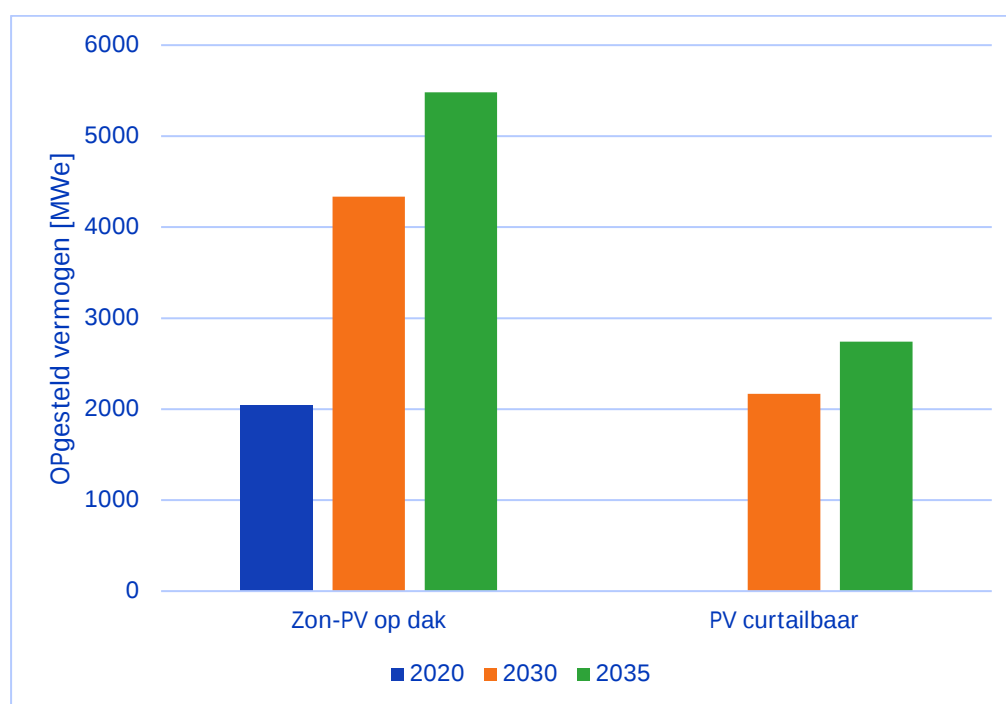
Tabel A.4: Het totaal opgesteld vermogen in MWe van flexibel inzetbare energie assets per bedrijventerrein per milieucategorie in 2035.

	Milieucategorie						
	1	2	3	4	5	6	X
Gebouw warmtepomp	~ 0	6	24	45	25	1	5
Elektrische bestelwagens	4	58	381	388	153	5	64
Elektrische bakwagens	1	32	200	248	125	4	33
Elektrische trekker-opleggers	3	115	598	828	410	11	108
Industriële warmtepomp	~ 0	6	11	22	26	1	3
E-boilers	1	84	124	292	316	12	48
E-drogers	~ 0	1	3	11	5	~ 0	5
Vriescellen	~ 0	12	59	63	32	1	14

Bijlage B

Resultaten Zon-PV op dak

Voor zon-PV op dak groeit het opgestelde vermogen lineair, zoals is weergegeven in Figuur B.1. Dit betekent dat elk jaar ongeveer evenveel vermogen bijkomt, waardoor het totaal geïnstalleerde zon-PV op daken in 2030 en 2035 aanzienlijk hoger is dan in 2020. Naast het opgesteld vermogen van zon-PV op daken groeit ook het curtailbaar vermogen en is voor zowel 2030 en 2035 ongeveer de helft van het opgesteld vermogen van zon-PV op daken.



Figuur B.1: Theoretisch opgesteld vermogen van energie producerende assets voor 2020, 2030 en 2035.

Tabel B.1 toont de cijfers van de bovenstaande grafiek.

Tabel B.1: Opgesteld vermogen [MWe] van energie producerende assets voor 2020, 2030 en 2035

	2020	2030	2035
Zon-PV op dak opgesteld piek vermogen	2.047	4.336	5.481
Zon-PV curtailbaar piek vermogen	~ 0	2.168	2.740

Energy & Materials Transition

Radarweg 60
1043 NT Amsterdam
www.tno.nl