

The logo for Elaadnl, featuring the company name in a sans-serif font with a yellow lightning bolt graphic under the 'nl' part.

Elaadnl

Bouwen & laden

Outlook Bouw



Outlook Bouw – Update 2024



Team Marktontwikkeling
ElaadNL

Juli 2024



Inhoudsopgave

	Samenvatting	4
1	Inleiding	5
2	Elektrisch bouwen	6
3	Van prognoses naar netimpact	8
4	Huidige stand van zaken	10
5	Marktontwikkelingen	13
6	Groeiscenario's	16
7	Elektriciteitsvraag	18
8	Spreiding en laadlocaties	20
9	Laadprofielen	24
10	Punten van aandacht	27
11	Conclusie	29
12	Referentielijst	31
	Bijlagen	32



Samenvatting

Sterke groei van elektrisch bouwen verwacht

De urgentie van zero emissie bouw is toegenomen door klimaatbeleid, gezondheidsbeleid, luchtkwaliteitseisen en met name vanwege de noodzaak om de stikstofuitstoot te verminderen. Emissieloos bouwen is in de buurt van een Natura 2000-gebied in principe de enige manier om nog te kunnen bouwen. De beschikbaarheid van elektrisch bouw-materieel neemt toe, al is dat in de hogere vermogensklassen deels nog ombouw van bestaande brandstofmodellen. Cruciaal voor een succesvolle transitie zijn flexibele laadoplossingen, standaardisatie, omgaan met de tijdelijkheid van projecten en het oplossen van stroomvoorzieningsuitdagingen.

In de bouw zijn er twee verschillende soorten materieel te onderscheiden: de mobiele werktuigen en het bouwtransport. In deze Outlook hebben we de verwachte groei en elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in kaart gebracht. De elektrificatie van mobiele werktuigen verschilt per vermogensklasse. Volgens het middenscenario is 100% van de mobiele werktuigen elektrisch in 2050. De bouwsector heeft dan naar verwachting een totale elektriciteitsvraag van 2,3 TWh voor het opladen van deze elektrische mobiele werktuigen. De resultaten van deze Outlook zijn op CBS-buurniveau inzichtelijk en te downloaden in ons [interactieve dashboard](#).

De elektriciteitsvraag van bouwtransport is samengevat in de bijlagen op basis van de eerder uitgebrachte Outlook voor bestelauto's en trucks.

Elektriciteitsvraag per modaliteit

De elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen in de bouw is toegevoegd aan de tabel waarin we de elektriciteitsvraag per modaliteit weergeven. Tussen haakjes hebben we ook de totale elektriciteitsvraag inclusief bouwtransport toegevoegd. De tabel is een resultante van alle ElaadNL Outlooks tot nu toe.

U kunt alle voorgaande Outlooks teruglezen door op de link in de kolom 'modaliteit' te klikken. U kunt ook onze [overzichtspagina](#) op de site van ElaadNL bezoeken.

Modaliteit	Huidig markt-aandeel elektrisch	Prognose aantal & markt-aandeel elektrisch		Prognose e-vraag (TWh per jaar)	
	2024*	2035	2050	2035	2050
Personenauto's	5,3%	4.516.434 (47%)	10.004.110 (100%)	13	26
OV-bussen	32,8%	4.700 (95%)	-	0,6	-
Bestelauto's	2,7%	528.878 (50%)	1.139.356 (100%)	3,2	7
Trucks	0,6%	62.970 (42%)	113.527 (75%)	5,4	9,7
Binnenvaart - containervaart	< 0,1%	97 (51%)	-	0,1	-
Mobiele werktuigen in de bouw	Onbekend	126.812 (80%)	158.900 (100%)	1 (2,3**)	2,3 (5**)

* Cijfers t/m mei 2024 (RVO Dashboard Elektrisch Vervoer)

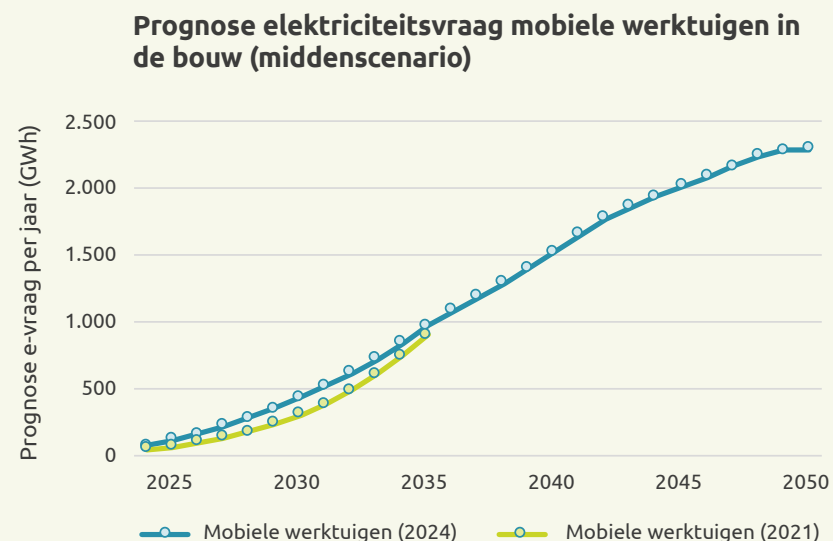
** Prognose elektriciteitsvraag van de bouwsector inclusief de elektriciteitsvraag van bouwtransport (27% van de bestelauto's en 15% van trucks).

1. Inleiding

ElaadNL publiceert periodiek een Outlook, waarin steeds een onderwerp op het gebied van elektrisch vervoer wordt uitgelicht. Door het analyseren van data, onderzoeksrapporten en het afnemen van interviews met experts worden scenario's opgesteld. De scenariostudies bieden inzicht en houvast voor netbeheerders, (regionale) overheden en andere stakeholders, scheppen een kader en reiken mogelijke verbeterpunten aan om de energietransitie in goede banen te leiden.

In deze editie kijken we naar de bouw, een onderwerp dat we in 2021 al bekeken in de [Outlook Elektrisch Bouwen](#). Waar we ons de vorige keer met name focusten op de woningbouw, pakken we het nu breder aan. In de drie jaar sinds de vorige Outlook is er veel veranderd. De noodzaak van de inzet van zero emissie (ZE) bouwmaterieel is bijvoorbeeld hoog geworden. Niet alleen het Klimaatakkoord en dus de besparing van CO₂ speelt hierin een rol. De directe invloed op de gezondheid door de luchtkwaliteit en met name het herstel van de natuur door middel van stikstofreductie hebben ook een zeer grote impact op de bouw. In november 2022 heeft de rechter besloten dat de bouw niet langer een vrijstelling heeft voor het uitstoten van stikstof. Door deze uitspraak is emissieloos bouwen de enige manier om de bouwopgave nabij Natura 2000-gebieden te vervullen. Deze drie zaken zijn de aanleiding geweest voor het [convenant Schoon en Emissieloos Bouwen](#) (SEB) dat in oktober 2023 door 45 partijen uit de bouwsector is ondertekend. Dit convenant heeft drie belangrijke doelstellingen voor 2030: NOx-reductie, CO₂-reductie en minder gezondheidsschade. Het convenant SEB is zeer breed gedragen. De 45 ondertekenaars bestaan uit de Rijksoverheid, provincies, gemeenten, marktpartijen, brancheorganisaties en kennisinstellingen. Ook Netbeheer Nederland, TenneT en ElaadNL hebben dit convenant ondertekend. De brede acceptatie in combinatie met de concrete doelstellingen zijn de aanleiding geweest om deze Outlook te baseren op dezelfde kaders en ambities. Figuur 1 toont een vergelijking van de resultaten van de geactualiseerde prognoses uit deze Outlook en de prognoses van 2021

voor mobiele werktuigen. In vergelijking met de prognoses uit 2021 voor mobiele werktuigen zien we een gemiddelde toename van bijna 45% in de elektriciteitsvraag tot en met 2035.



Figuur 1: Prognose elektriciteitsvraag in de bouw volgens het middenscenario.

2. Elektrisch bouwen

Hoewel we spreken over simpelweg ‘de bouw’ als onderwerp, is dit een zeer complexe sector. Bij eerder behandelde onderwerpen in de Outlooks, zoals personenauto’s, trucks, en binnenvaart, gaat het om het vervoeren van personen of goederen van A naar B. De bouw is echter anders; het gaat in deze Outlook over de werkzaamheden op de bouwplaats zelf, uitgevoerd door mobiele werktuigen. Deze werkzaamheden zijn op zichzelf al divers, maar verschillen ook afhankelijk van het type project, de grootte en locatie. De diverse segmenten zijn voor de herkenbaarheid en consistentie overgenomen van de transitiepaden van SEB, zoals beschreven in de [Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen](#).

2.1 Transitiepaden

In het convenant SEB worden vier transitiepaden benoemd: woning- en utiliteitsbouw; weg, dijk en spoor; energie-infrastructuur; en kustlijnzorg en vaargeulonderhoud. Het eerste transitiepad, woning- en utiliteitsbouw, gaat simpelweg over de projecten van de gebouwde omgeving. In het geval van woningbouw zijn dit bijvoorbeeld huizen en appartementen en bij utiliteitsbouw ‘overige’ gebouwen, zoals kantoren en winkels. Niet enkel het bouwen van deze gebouwen valt hieronder, maar ook sloop, onderhoud en renovaties. Vanwege de aanzienlijke verschillen in vermogensvraag zijn de verschillende stadia van het bouwen belangrijk. In hoofdstuk 9 gaan we dieper in op de totstandkoming van de vermogensvraag. Het transitiepad van weg, dijk en spoor gaat om aanleg, beheer en onderhoud van infrastructurele werken, denk hierbij ook aan tunnels, bruggen, sluizen en stations. Ook de totstandkoming van de vermogensvraag in dit transitiepad bespreken we in hoofdstuk 9 verder. De projecten voor energieopwekking en -transport vallen onder het transitiepad energie-infrastructuur. Daarbij moet er rekening gehouden worden met het feit dat ook de verzwaren van het elektriciteitsnet emissieloos uitgevoerd dienen te worden. Het gaat

hierbij zowel om projecten op zee als op land. Het transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud (en overige baggerwerken) omvat projecten op en bij de zee, rivieren en kanalen. Voor dit transitiepad zijn vermogens per stadium (nog) niet te identificeren, aangezien er nog geen elektrisch bouw materieel wordt ingezet.

2.2

Bouwmaterieel

In de bouw zijn er twee verschillende soorten materieel te onderscheiden: de mobiele werktuigen en het bouwtransport. Op hoofdlijnen is de eerste groep bedoeld om een specifieke taak uit te voeren op de bouwplaats en zorgt de tweede groep voor aan- en afvoer van goederen en personen.

Mobiele werktuigen

Mobiele werktuigen zijn er in enorm veel soorten en maten. Het zijn werktuigen die (afgezien van een uitzondering) niet op de openbare weg (mogen) rijden en hun werk op locatie uitvoeren. Denk hierbij aan bijvoorbeeld de landbouw met tractoren, verreikers en maaimachines, industrie en havens met heftrucks en terminal trekkers, of de mijnbouw met dumptrucks en graafmachines. Hoewel mobiele werktuigen in veel sectoren worden ingezet, ligt in deze Outlook de focus enkel op de mobiele werktuigen die in de bouw worden ingezet. Naast de diversiteit aan mobiele werktuigen zelf, is ook het formaat divers. Dit gaat van een trilplaat tot een damwandstamper. In de industrie is het gebruikelijk de machines in te delen op vermogensklasse. Er zijn verschillende klassen van motorvermogen, zie hiervoor tabel 1. Deze verschillende klassen stammen af van de zogenaamde Stage normen, Europese emissie-normen waar verbrandingsmotoren van mobiele werktuigen aan moeten voldoen. Hoe hoger de norm (I tot en met V), hoe ‘schoner’ de motor. Mobiele werktuigen die sinds 2020 verkocht worden, moeten voldoen aan de nieuwste Stage V-norm.

Vermogensklasse	Voorbeelden mobiele werktuigen
Mini (< 19 kW)	Trilplaten, trilstampers, mini-gravers, wielladers, dumpers, bestratingsmachines, hoogwerkers
Licht (19 - 56 kW)	Asfaltrollers, graafmachines, verreikers, wielladers
Middelzwaar (56 - 130 kW)	(Rups)graafmachines, asfaltrollers, dumpers, verreikers
Zwaar (130 - 560 kW)	Heimachines, rupskranen, boren, rupshijskranen, (rups)graafmachines, wielladers, asfaltwerkmachines
Specialistisch (> 560)	Heimachines, locomotieven

Tabel 1: Overzicht verschillende klassen van motorvermogen bij mobiele werktuigen.

Bouwtransport

Bouwtransport gaat om alle voertuigen die gebruikt worden om goederen en personen van en naar de bouwplaats te vervoeren. Deze voertuigen vallen binnen de categorieën N1, N2 en N3. N1 zijn de bestelbusjes, N2 de vrachtwagens onder de 7,5 ton en N3 de grotere vrachtwagens; zowel bakwagens als trekkers met opleggers.

2.3

Scope

Voor deze Outlook hebben we de mobiele werktuigen meegenomen die in de bouw worden ingezet. Tabel 2 toont een overzicht van het aandeel mobiele werktuigen en bouwtransport voor de bouw en overige sectoren.

% van totaal in NL	Bouw	Overig
Mobilee werktuigen	42%	58%
Logistieke voertuigen (bestelauto's en trucks)	30%	70%

Tabel 2: Overzicht van het aandeel mobiele werktuigen en bouwtransport voor de bouw en overige sectoren.

We houden voor deze Outlook het covenant SEB aan als houvast. Dit houdt in dat we alleen kijken naar werkzaamheden die vergunningplichtig zijn, dat wil zeggen projecten waarvoor een stikstofvergunning aangevraagd dient te worden. Alles wat niet vergunningsplichtig is, valt dus buiten scope. Per definitie zetten deze projecten geen zware werk- of voertuigen in, waarmee kan worden aangenomen dat de impact op het totaal klein is. Er is daarnaast vanwege dezelfde reden ook nauwelijks zicht op aantallen projecten die niet vergunningsplichtig zijn.

Het transitiepad 'kust- en vaargeulonderhoud' uit het covenant SEB is niet meegenomen in deze Outlook. In deze sector zijn geen elektrische ambities en ook de stand der techniek geeft op korte termijn (komende 5 jaar) geen verwachtingen op een substantiële groei in de vermogensvraag. Op het moment van schrijven is er slechts één pilot bekend van een batterij-elektrisch schip dat over twee jaar operationeel moet zijn.

Samenvattend bestaat de scope van deze Outlook uit de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen ingezet voor nieuwbouw, verbouw, onderhoud en sloop binnen de transitiepaden woning & utiliteitsbouw, weg, dijk en spoor en energie binnen het covenant SEB.

Bouwtransport hebben we eerder in kaart gebracht als onderdeel van de [Outlook Bedrijventerreinen](#) en is daarom niet apart meegenomen in deze Outlook. De ontwikkelingen van bouwtransport en verwachte elektriciteitsvraag in de bouw zijn samengevat in bijlagen 1 en 2.

3. Van prognoses naar netimpact

Het doel van de ElaadNL Outlooks is om netbeheerders, overheden en andere stakeholders te helpen om de transitie naar elektrisch vervoer in goede banen te leiden. De benadering die we daarvoor gebruiken heet 'van prognoses naar netimpact' en is opgebouwd uit drie onderdelen: groeiscenario's, spreidingsmodel en laadlocatiemodel, en laadprofielen. Deze drie onderdelen zijn uitgezocht voor de mobiele werktuigen ingezet in de bouw. In dit hoofdstuk lichten we deze onderdelen toe. In de volgende hoofdstukken presenteren we de resultaten van elk onderdeel.

3.1 Groeiscenario's

Op basis van de marktontwikkelingen en verwachtingen voor de toekomst zijn de verschillende groeiscenario's tot stand gekomen. We hebben naar twee belangrijke inputvariabelen gekeken: de vervangingstermijn van mobiele werktuigen en het marktaandeel van elektrische mobiele werktuigen ten opzichte van fossiel aangedreven materieel.

3.2 Spreidingsmodel en laadlocatiemodel

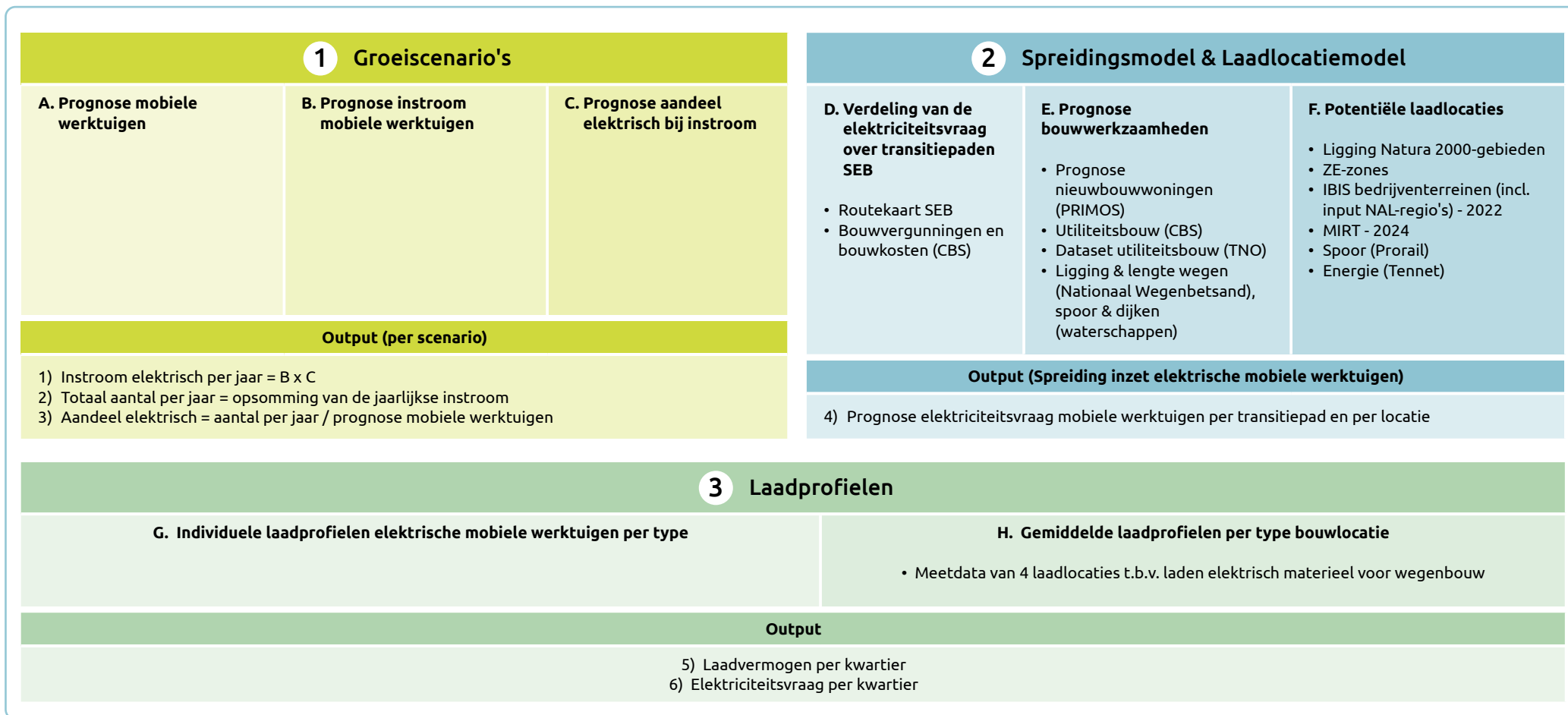
In tegenstelling tot modaliteiten in eerdere Outlooks hebben mobiele werktuigen geen vaste standplaats. Ze zullen over het algemeen laden waar er op dat moment gebouwd wordt. Het spreidingsmodel en laadlocatiemodel zijn daarom direct aan elkaar gekoppeld. We hebben de data van mijn aansluiting.nl en bronnen zoals TenneT, ProRail en overheden gebruikt om een spreiding te bepalen van de huidige bouwprojecten. Daarnaast hebben we prognoses gebruikt voor het aantal te bouwen woningen en utiliteitsgebouwen en hebben we analyses gebruikt van waar en wanneer onderhoud en aanbouw van nieuwe infrastructuur (weg, dijk en spoor) gaat plaatsvinden.

De spreiding is bepaald op basis van prognoses voor verschillende bouwwerkzaamheden. Het laadlocatiemodel heeft de inzet van elektrische mobiele werktuigen, en daarmee de elektriciteitsvraag, op die locaties bepaald. De inzet van elektrische mobiele werktuigen hangt daarin sterk af van het soort project en de locatie van het project. In de nabijheid van Natura 2000-gebieden zal er in principe alleen ZE gewerkt kunnen worden.

3.3 Laadprofielen

Om de laadvraag op het net, oftewel de netimpact, van elektrische mobiele werktuigen te kunnen kwantificeren zijn, naast de (verwachte) inzet van elektrische werktuigen op een locatie, ook laadprofielen nodig. Het laadprofiel geeft aan wat de elektriciteits- en vermogensvraag per specifiek tijdsinterval is gedurende een project.

Figuur 2 op de volgende pagina geeft een overzicht van de drie onderdelen van onze benadering, inclusief de subonderdelen en belangrijkste bronnen. De netimpact van elektrische mobiele werktuigen kan worden bepaald door de resultaten van alle onderdelen te combineren.



Figuur 2: Elektrische mobiele werktuigen van prognoses naar netimpact

4. Huidige stand van zaken

De opkomst van elektrisch bouw materieel is iets van dit decennium. Hoewel er voor 2020 al mini en licht materieel elektrisch verkrijgbaar was, is dat later in een stroomversnelling gekomen. Ook in de hogere vermogensklassen zien we beweging bij fabrikanten, al is dit nog traag. Ombouwende partijen spelen hier handig op in. Op het gebied van bouwtransport is er inmiddels veel mogelijk.

4.1 Huidig materieelpark

Nederland is samen met Noorwegen en Zweden koploper op het gebied van emissieloos bouwen. De afzetmarkt in deze landen samen is echter maar een fractie van de totale markt voor fabrikanten, maximaal 3% per land. Dit maakt dat het ontwikkelen van elektrisch bouw materieel financieel gezien nog weinig interessant is. Om het perspectief te schetsen, een fabrikant zoals Volvo leverde volgens hun jaarcijfers in 2023 wereldwijd 60.000 machines af, bij Develon is dat zo'n 23.000 stuks. In Nederland zijn dat er een paar honderd; nog geen 1% van het totaal. Wel is hierdoor een markt ontstaan voor partijen die machines ombouwen, zoals bijvoorbeeld Staad en Urban Mobility Systems (UMS).

De beschikbaarheid van elektrisch bouw materieel is sterk afhankelijk van het type werktuig. Tot 56 kW motorvermogen is er een ruime keuze van seriematig geproduceerde machines. In de vermogensklassen daarboven spelen ombouwende partijen een grote(re) rol, maar is er nog maar een beperkt aanbod. Accu capaciteit en laadsnelheid zijn zeer uiteenlopend, ook weer afhankelijk van type machine en motorvermogen. Zie bijlage 3 voor meer details. Laadstandaarden uit de auto-industrie worden nog maar mondjesmaat geïmplementeerd, hier is duidelijk te zien dat fabrikanten nog in de experimentele fase zitten. Wanneer we in deze Outlook spreken over elektrische mobiele werktuigen, bedoelen we daarbij zowel de werktuigen zelf als stationaire maar verplaatsbare assets.

4.2 Laden op de bouwplaats

Waar we tot voorheen een vaak tijdelijke (maximaal) 3x80A kleinverbruikaansluiting als 'standaard bouwaansluiting' typeerden en dit ook voldoende was, zien we de behoefte nu snel veranderen. In veel gevallen is deze laagspanningaansluiting niet meer voldoende om meerdere elektrische mobiele werktuigen voor één project op te laden. De behoefte aan grotere (middenspanning-) aansluitingen zal toenemen, net als de algehele vermogensvraag op de bouwplaats. Deze combinatie zal voor de netbeheerders een grote uitdaging zijn.

Het gebruik van de laadinfrastructuur zelf is divers. Veelal gebruikt men mobiele DC-laders (20 – 120 kW) die achtereenvolgens op meerdere projecten ingezet worden. Ook zien we semipermanente opstellingen, voornamelijk op langdurige projecten. Daarnaast zien we dat de integratie van (batterij)technologie en (snel)laadtechnologie steeds meer bij elkaar komen. Innovaties als mobiele laadcontainers met meerdere type laders, zowel AC als DC, en gevoed door één grote aansluiting, of batterijcontainers met geïntegreerde snelladers zien we ook steeds meer. Het belangrijkste hierbij is dat het compact is en makkelijk verplaatsbaar.

Momenteel zijn er nog geen standaard afspraken over het veilig en betrouwbaar aansluiten van laadinfrastructuur op de bouwplaats. Er wordt gewerkt aan de introductie van een standaard aansluitmodule voor onder andere de bouw, die de landelijke standaardisatie van het (tijdelijk) aansluiten van assets een stap verder brengt. Voor het (tijdelijk) aansluiten van meerdere laders, of zelfs hele laadpleinen, bestaan nog geen richtlijnen. Vaak realiseert een uitvoerder dit achter de meter naar eigen inzicht, waarbij aansluiting op het net in samenwerking met de netbeheerder plaatsvindt. Op brancheniveau wordt dit gedocumenteerd, maar nog niet omgezet in een standaard richtlijn. Samen met het soms nog ontbreken van de standaard laadstandaarden aan werktuigzijde heeft dit mogelijk als gevolg dat er tijdens het laadproces storingen ontstaan.

4.3 Type projecten

Bij projecten die op één plek worden uitgevoerd, zogenaamde puntprojecten, heeft het op te leveren werk na afronding van de bouwwerkzaamheden een permante stroomvraag (zoals huizen, kantoren en sluizen). Hierdoor is dit goed te combineren met de bouwfase. Procesmatig vraagt dit een aanpassing, namelijk een stroomvoorziening realiseren vóór de bouw begint, in plaats van tijdens of na afronding van de bouw. Emissieloze bouwvoertuigen kunnen dan op de bouwlocatie laden.

Bij lijnprojecten is de situatie anders. Dit komt omdat het werk zich verplaatst, zoals bij wegen, dijken en spoor. De tijdelijkheid, in combinatie met het continu verplaatsen van het project, geeft uitdagingen rondom de energievoorziening. Het realiseren van een (tijdelijke) energievoorziening bij lijnprojecten vraagt om specifiek beleid van de netbeheerders en een aangepaste laadstrategie van de uitvoerende partijen.

4.4 Beleid

De laatste jaren is de roep om emissieloos bouwen ook in de beleidshoek toegenomen. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat de bouwsector een bijdrage levert door middel van het Manifest Duurzaam Grond- Weg- en Waterbouw 2030 en de Green deal 'het nieuwe draaien'. De verwachte bijdrage hieraan is 0,4 Mton CO₂ reductie in 2030.

Het Schone Lucht Akkoord uit 2020 moet zorgen voor een reductie van de negatieve gezondheidseffecten van mobiele werktuigen van 75% in 2030 ten opzichte van 2016. Ook is er de ambitie om het groeipad naar ZE mobiele werktuigen naar 2030 te versnellen.

De Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) heeft opgenomen dat bedrijven met meer dan 500 werknemers in hun jaarverslag inzicht moeten geven in de impact van hun activiteiten op mens, milieu en samenleving. Met ESG-cijfers moeten organisaties dit inzichtelijk maken en er een strategie aan koppelen. Grotere aannemers worden op deze manier, naast aanbestedingen waarin emissieloos werken wordt gevraagd, gedwongen meer emissieloos werk te verrichten.

Bouwende partijen moeten zich houden aan de geldende stikstofregels bij het uitvoeren van de werkzaamheden. Breekpunt is de uitspraak van de Raad van State einde 2022 geweest, waarin de partiële vrijstelling bouw onwettig is verklaard en is komen te vervallen.

Een groot deel van de ondertekenaars van het SEB zijn publieke opdrachtgevers voor bouwprojecten. De ambitie die ondertekenaars in het SEB overeengekomen zijn, vertaalt zich daardoor naar een actief stimuleringsbeleid en wordt door een aantal partijen zelfs ambitieuzer ingezet. Deels vanwege eigen ambities, maar ook de noodzaak rond Natura 2000-gebieden speelt een rol. Dit betekent dat voor een hoop locaties in Nederland de eisen veel scherper zijn dan wat er in het convenant SEB wordt geambieerd; deze projecten moeten 100% ZE uitgevoerd worden. Voor gemeenten is er een ondersteuningsprogramma om hen te helpen deze ambitie ook daadwerkelijk te kunnen realiseren.

De arbeidsinspectie heeft ook invloed op de uitrol van emissieloos materieel. Werkgevers waren al verplicht hun werknemers te beschermen tegen kankerverwekkende stoffen volgens Directive (EU) 2019/130. Per 1 juli 2020 zijn er door de Nederlandse overheid grenswaarden voor blootstelling aan dieselmotorenemissies gesteld. In december 2023 is hiervoor de werkinstructie 'Blootstelling aan dieselmotorenemissies (DME)' bijgewerkt. Hiermee kan de handhaving door de arbeidsinspectie zeer stringent verlopen en kunnen werkgevers gedwongen worden dieselwerktuigen te vervangen voor schone(re) alternatieven zoals elektrische mobiele werktuigen.

Verder is er beleid gericht op het stimuleren van de aankoop van machines. De Subsidieregeling Schoon en Emissieloos Bouwmaterieel (SSEB) is er voor de aanschaf en ombouw van emissieloze mobiele werktuigen. De SSEB is niet alleen voor aannemers geschikt, maar ook voor partijen die zich richten op het ontwikkelen van nieuwe technieken. Tevens hebben grote opdrachtgevers (waaronder Rijkswaterstaat, ProRail en meerdere gemeenten) zich verenigd om gezamenlijk kennis te delen rondom het ZE uitvragen van

nieuwe projecten in de Pianoo Buyers Group ZE Bouwen. Daarnaast kunnen ook de Milieu Investeringsaftrek (MIA) en de Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (VAMIL) aangesproken worden om de inzet van emissieloos materieel financieel aantrekkelijker te maken.

Met de komst van de ZE-zones in tientallen stadscentra vanaf 2025, zal aanlevering van materiaal in deze steden ook emissieloos worden.



5. Markttontwikkelingen

De markt voor elektrische mobiele werktuigen staat wereldwijd gezien nog in de kinderschoenen, maar lijkt de komende jaren sterk te groeien. Fabrikanten zijn erg terughoudend, maar lijken steeds meer in elektrisch materieel te investeren. Laden van materieel is een uitdaging in tijden van netcongestie. Netbeheerders zullen samen met overheden en de markt in gesprek moeten over welke aansluitingen prioriteit hebben om kosten beheersbaar te houden.

5.1 Fabrikanten

Het aanbod mobiele werktuigen boven de 56 kW lijkt moeizaam op gang te komen; enerzijds vanwege de beperkte markt, maar ook omdat het moment van instappen voor fabrikanten cruciaal is. De ontwikkelingen op het gebied van batterijen, laadtechnologie en de integratie van laadprotocollen gaan, mede dankzij de opkomst van de elektrische personenwagen, ontzettend snel. Dit biedt mogelijkheden voor fabrikanten, maar ook onzekerheid: stap je te vroeg in een onvolwassen markt, is je techniek te snel achterhaald. Stap je te laat in, mis je marktaandeel. Tegelijkertijd kost de ontwikkeling van een elektrisch werktuig tijd, zie voor meer informatie hierover bijlage 4. Er liggen op het gebied van laden veel gestandaardiseerde mogelijkheden die de komende jaren ingezet kunnen worden in de bouw, denk aan het *Megawatt Charging System*, dat laadsnelheden tot 3,75 MW mogelijk maakt.

Hoewel veel fabrikanten van mobiele werktuigen hun kaarten tegen de borst houden, hebben een aantal fabrikanten hun roadmap op het gebied van elektrificatie openbaar gemaakt. Zo wil Volvo in 2030 voor elke applicatie een ZE alternatief hebben en Liugong zelfs al in 2027.

5.2 Het laden van materieel

Anders dan bij het opladen van elektrische auto's speelt de energievoorziening een nog belangrijkere rol. Dit komt mede door de beperkte looptijd van projecten, veranderende locaties en locaties waar de energievoorziening geen vanzelfsprekendheid is. Daarbij zal er de komende jaren mogelijk niet altijd voldoende capaciteit beschikbaar zijn vanuit het net voor elk bouwproject, zeker niet als het om tijdelijke aansluitingen gaat. Wanneer de uitvoerder niet op een bouwlocatie kan laden maar afhankelijk is van een energievoorziening nabij de bouwplaats, vraagt dit de komende jaren om innovatieve oplossingen.

Afhankelijk van locatie, beschikbaarheid van energie op of nabij de locatie en vermogensvraag (al dan niet beïnvloed door netcongestie) zien we in zijn algemeenheid drie verschillende manieren van laden van bouw materieel. Alle drie wijken af van de reguliere manier van laden die we kennen van andere elektrische modaliteiten. Hieronder lichten we deze manieren van laden toe.

Benutten van bestaande aansluitingen

Het is niet altijd noodzakelijk of mogelijk om voor een (tijdelijk) bouwproject een eigen netaansluiting te realiseren. Een laagdrempelige optie is het gebruik maken van bestaande aansluitingen van derden. Dit zijn over het algemeen tijdelijke laadlocaties bij bedrijven of instanties die op bepaalde momenten van de dag (meestal 's nachts) hun restcapaciteit ter beschikking stellen. Daarnaast kan er uiteraard geladen worden op locaties die daar specifiek voor bedoeld zijn, zoals laad hubs of bestaande laadinfrastructuur voor personenwagens. Hiermee wordt bestaande infrastructuur beter benut en kan de laadbehoefte sneller ingevuld worden.

Flexibele oplossingen en mitigerende maatregelen

Netcongestie en uitdagingen met (tijdelijke) bouwaansluitingen zorgen voor veel interessante innovaties. Sommige hiervan zullen een blijvend karakter krijgen, doordat ze voor peak-shaving (en dus een goedkopere netaansluiting) kunnen zorgen, of flexibiliteit bieden in het moment van laden en daardoor goedkoper stroom ingekocht kan worden. Een aantal voorbeelden hiervan zijn batterijen, waterstof, een aggregaat of een vliegwiel. Meer informatie hierover is te vinden in bijlage 5.

Laden met een netaansluiting op de bouwlocatie

Wanneer laden bij bestaande aansluitingen of met mitigerende maatregelen niet voldoende is, kan er een netaansluiting gerealiseerd worden. Bij voorkeur een netaansluiting met een permanent karakter. Er wordt een vervroegde of tijdelijke netaansluiting gerealiseerd, Hierbij zien we verschillende manieren van gebruik, die vaak allemaal tegelijk voorkomen. Laadinfrastructuur wordt direct op de netaansluiting aangesloten via een bouwkast en/of trafo. De mobiele werktuigen rijden naar de laadpaal toe of het batterijpakket moet naar het laadpunt. Ook kan men in deze situatie een mobiel batterijpakket, gebruiken die via deze netaansluiting dan geladen wordt. Deze wordt dan gebruikt als buffer wanneer de netaansluiting te klein is voor de totale vermogensvraag. Deze wordt vervolgens naar het materieel toegebracht zodat het werktuig niet zelf verplaatst hoeft te worden. Bij heel zwaar materieel dat niet zelfstandig van en naar een laadlocatie kan verplaatsen (bijvoorbeeld zware rupskranen) komt het ook voor dat deze per vrachtwagen getransporteerd wordt naar de laadlocatie.

De impact van al deze verschillende manieren van laden is dat er zogenaamde 'energielogistiek' ontstaat; mobiele batterijpakketten en werk- en voertuigen die van en naar de laadlocaties verplaatst moeten worden. Deze vorm van logistiek zorgt voor een extra proces, dat bij de inzet van fossiel-aangedreven materieel nog niet aan de orde was.

Ladder van laden

De verschillende manieren van laden hebben we samengevat in een 'ladder van laden' in figuur 3. In de 'ladder van laden' vind je de voorkeuren van de netbeheerders op het gebied van laden. Deze is opgesteld met als aandachtspunt het meest efficiënte gebruik van schaarse menskracht, tijd en middelen. Als alle bouwprojecten deze 'ladder van laden' gaan gebruiken, zorgt dit voor korte(re) doorlooptijden en lagere totaalkosten.

5.3

Veiligheid van laden op de bouwplaats

Het laden van elektrisch bouw materieel vergt een andere aanpak dan het tanken van benzine of diesel. Veiligheid op de bouwplaats heeft de hoogste prioriteit, zowel op persoonlijk vlak als ten behoeve van de betrouwbaarheid. Voor netbeheerders is van groot belang dat de tijdelijke voorziening op een bouwplaats de permante energievoorziening niet in het geding brengt, bijvoorbeeld door het onbeveiligd en onjuist aansluiten van verdeelkasten, kabels en (tijdelijke) laadpalen op een bouwplaats. Een reden voor de materieeltak van Bouwend Nederland KOMAT om een richtlijn voor de veilige inzet van elektrisch bouw materieel te publiceren. Deze richtlijn geeft ondernemers handreikingen over hoe ze het beste omgaan met elektrische werktuigen en het laden hiervan. In de richtlijn staan verwijzingen naar al bekende eisen en afspraken, zoals bijvoorbeeld de PGS-37 voor de opslag van lithiumhoudende energiedragers, ADR voor het transport hiervan en het programmavoorstel van de NIPV rondom de brandveiligheid en incidentmanagement van zware ZE voertuigen. Ook het Emissieloos Netwerk Infra (ENI) heeft diverse documenten opgesteld om de emissieloze bouwplaats te helpen, met onderwerpen zoals een draaiboek, connectiviteit van installaties, energievoorziening en minimum standaarden en protocollen voor emissieloos materieel.



Figuur 3: Ladder van laden bouw.

6. Groeiscenario's

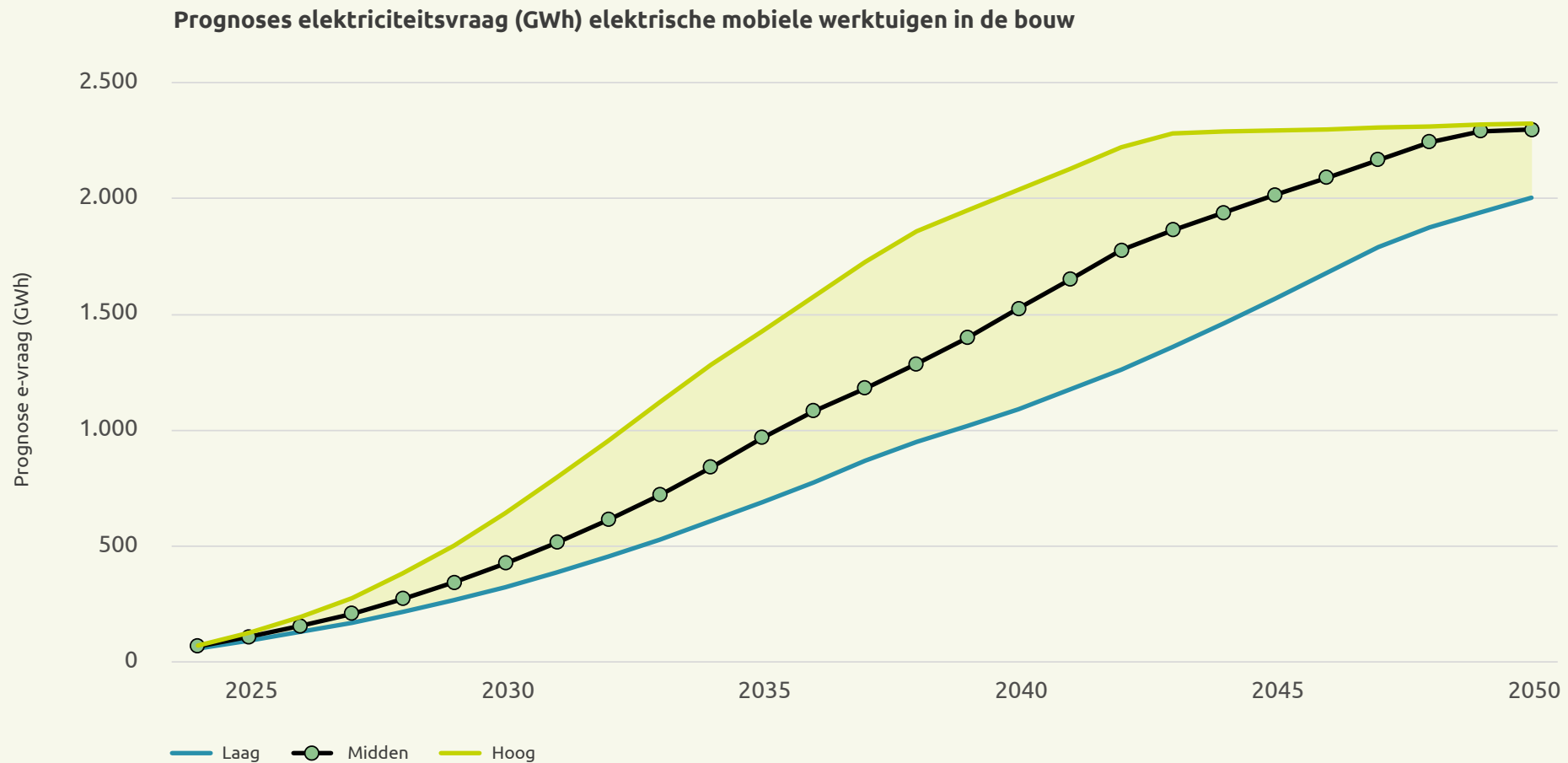
De elektrificatie van mobiele werktuigen hebben we gekwantificeerd in drie scenario's: laag, midden en hoog. Op basis van verschillende uitgangspunten verschilt voor elke vermogensklasse wanneer de instroom 100% elektrisch is en daarmee ook wanneer het volledige materieelpark geëlektrificeerd is. In dit hoofdstuk lichten we de uitgangspunten per scenario toe en presenteren we de resultaten van de prognoses voor de elektriciteitsvraag van elektrische mobiele werktuigen per scenario tot en met 2050.

De uitgangspunten voor de groeiscenario's hebben we afgeleid uit de belangrijkste marktontwikkelingen. In vergelijking met de Outlook 'Elektrisch bouwen' uit 2021, hebben we een bredere scope aangehouden. Niet alleen hebben we ingezoomd op de woning- en utiliteitsbouw, maar ook weg, dijk en spoor en energieprojecten zijn meegenomen. Door de onvolwassenheid van de waterstoftechnieken en onzekerheden rondom de prijs, is deze techniek alleen meegenomen in het laagscenario voor specialistisch materieel. Mitigerende maatregelen, zoals batterijen en vliegwielen, zorgen vooral voor een verschuiving van de vraag in de tijd, en/of een lagere vermogensbehoefte. Deze zijn daarom niet meegenomen in de groeiscenario's.

Naast de algemene uitgangspunten, hebben we specifieke uitgangspunten per scenario vastgesteld aan de hand van vijf categorieën. De eerste categorie is de instroom van elektrische mobiele werktuigen in het materieelpark, waarin we ook onderscheid hebben gemaakt in het jaartal waarop de instroom 100% elektrisch aangedreven is. Beiden variëren binnen de groeiscenario's ook per vermogensklasse. Bijlagen 6, 7, en 8 geven meer informatie over de toegepaste instroom voor elektrische mobiele werktuigen in elk scenario. De tweede categorie hangt samen met de eerste categorie. Deze geeft aan wanneer fabrikanten een volledig elektrisch aangedreven aanbod hebben. In categorie drie hebben we gekeken naar

de batterijen, met name naar wanneer de techniek volwassen genoeg is om een volledige werkdag zonder onderbreking te kunnen werken op één batterijlading. Ook hebben we meegenomen wanneer de batterijpakketprijs zodanig daalt dat een elektrisch aangedreven werktuig ook financieel aantrekkelijk wordt. De vierde categorie is het Nederlandse beleid rondom ZE bouwen. Zowel (financiële) stimuleringsmaatregelen spelen een rol, maar ook handhaving rondom uitstoot van stikstof en dieselmotorenemissies. Ten slotte hebben we in de laatste categorie meegenomen of er voldoende in laadinfrastructuur geïnvesteerd wordt om aan de laadbehoefte te voldoen. Aan de hand van deze categorieën hebben we bepaald wanneer elektrisch mobiele werktuigen kostencompetitief zijn ten opzichte van dieselmodellen en grootschalige adoptie op gang komt.

De groeiscenario's zijn inzichtelijk en te downloaden in ons [interactieve dashboard](#). Bijlage 9 geeft een overzicht van de uitgangspunten en details per scenario. Figuur 4 toont per scenario de resultaten van de prognoses voor de elektriciteitsvraag van elektrische mobiele werktuigen in het materieelpark.



Figuur 4: Prognoses elektriciteitsvraag (in GWh) van elektrische mobiele werktuigen in Nederland tot en met 2050.

7. Elektriciteitsvraag

De geprognosticeerde elektriciteitsvraag van elektrische mobiele werktuigen in de bouw is volgens het middenscenario ongeveer 0,4 TWh in 2030 en 2,3 TWh in 2050. De elektriciteitsvraag voor mobiele werktuigen verplaatst zich continue, jaar op jaar over Nederland en is in 2050 vergelijkbaar met het energieverbruik van een stad als Zwolle. In dit hoofdstuk bespreken we hoe de totale elektriciteitsvraag is verdeeld over de verschillende transitiepaden.

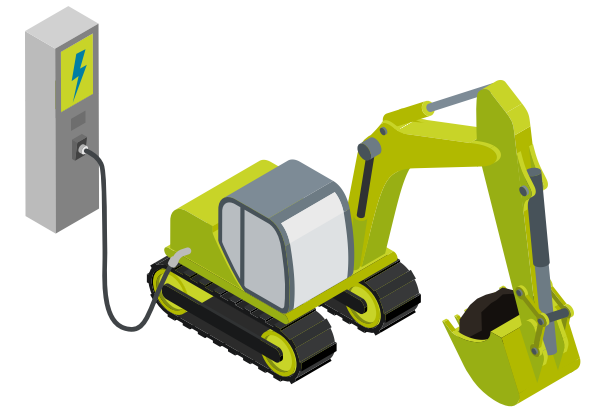
Figuur 5 toont de verdeling van de jaarlijkse energievraag van elektrische mobiele werktuigen over de transitiepaden. Hoewel de inzet en geografische spreiding van mobiele werktuigen steeds tijdelijk van aard is, blijft de relatieve verdeling van de elektriciteitsvraag over de verschillende transitiepaden constant. Deze verdeling is gebaseerd op de Routekaart SEB. In de analyses van de routekaart is met behulp van verschillende inzichten in toekomstige werkvoorraden en projecten een inschatting gemaakt voor de regionale inzet van bouw materieel over de jaren heen. Bij de regionale verdeling is rekening gehouden met nabijheid van Natura 2000-gebieden en ZE-zones. Rondom woningen is er bijvoorbeeld gekeken naar prognoses voor nieuwbouwwoningen en de combinatie van de nabijheid van de bouwlocatie ten opzichte van Natura 2000-gebieden en ZE-zones. In het algemeen geldt: hoe dichterbij een Natura 2000-gebied of ZE-zone, hoe groter de kans op de inzet van elektrisch bouw materieel. In de bouw wordt 65% van de mobiele werktuigen ingezet bij nieuwbouw en renovatie van woningen en utiliteitsbouw. Ruim 30% van de inzet komt terecht bij infrastructuurprojecten (weg, dijk en spoor) en een klein deel bij energie (3,5%) en kustlijn zorgen en vaargeulonderhoud (< 0,5%).

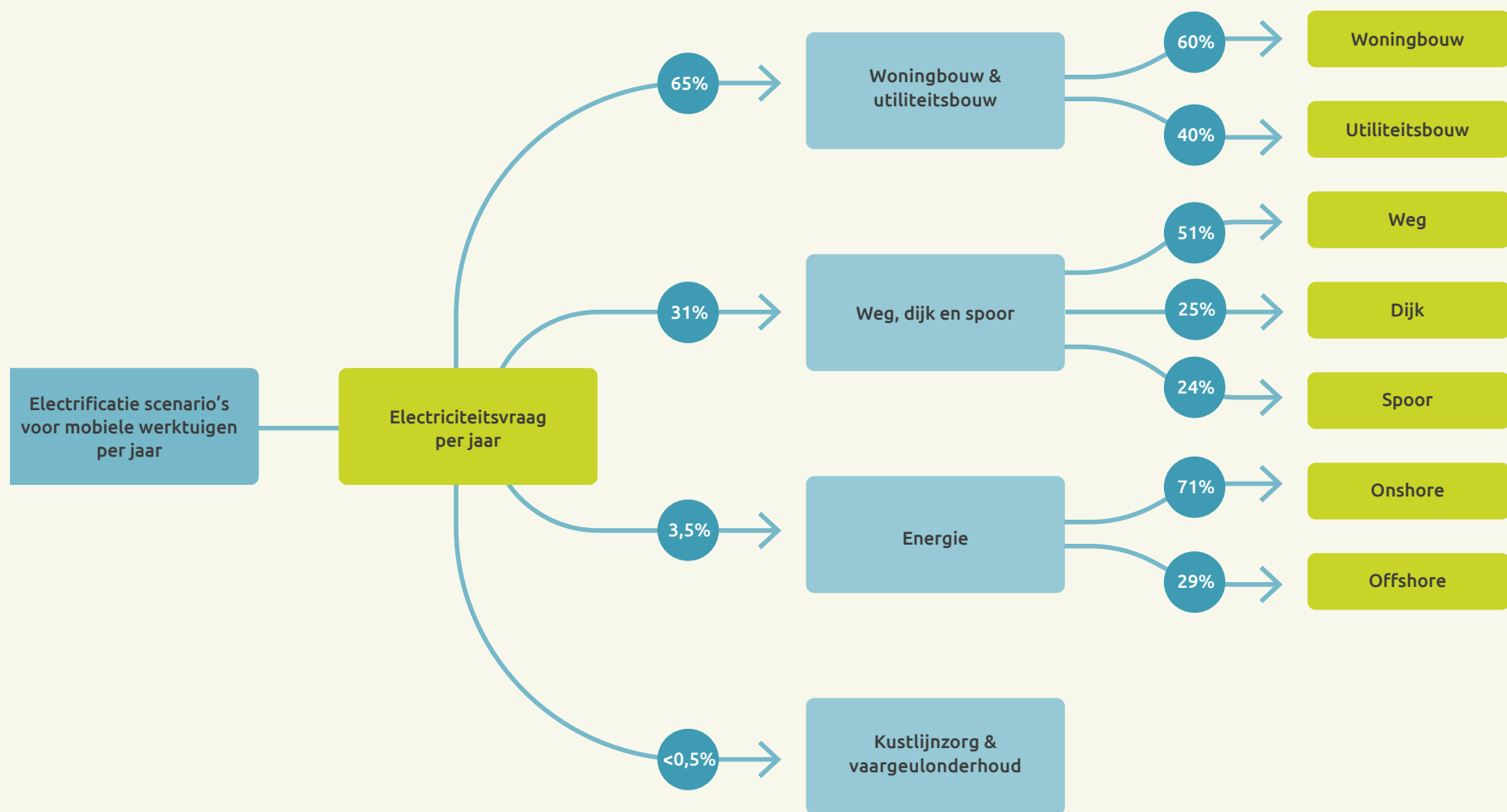
Per transitiepad hebben we ook op basis van verschillende bronnen een onderverdeling gemaakt van de subactiviteiten. De elektriciteitsvraag van woningbouw en utiliteitsbouw komt voor 60% van de woningbouw en 40% van de utiliteitsbouw (CBS, 2024). De

electriciteitsvraag van infrastructuurprojecten, oftewel transitiepad weg, dijk en spoor, komt voor 51% van wegprojecten, 25% van dijkprojecten en 24% van spoorprojecten (EBI, 2020). De elektriciteitsvraag van het transitiepad energie komt volgens de Routekaart SEB voor 71% van onshore projecten en 29% van offshore projecten.

De verdeling van de elektriciteitsvraag over de transitiepaden vormt belangrijke input voor de verwachte spreiding van de elektriciteitsvraag van elektrische mobiele werktuigen per jaar in Nederland. Deze spreiding bespreken we in het volgende hoofdstuk.

Bijlage 10 geeft meer details over de ontwikkeling van de energievraag van mobiele werktuigen en de bepaling van de elektriciteitsvraag.





Figuur 5: Verdeling van de elektriciteitsvraag per jaar van mobiele werktuigen.

8. Spreiding en laadlocaties

Met behulp van het spreidingsmodel en laadlocatiemodel bepalen we waar mobiele werktuigen zich bevinden en gaan laden. In hoofdstuk 7 hebben we uiteengezet hoe de totale elektriciteitsvraag verdeeld is over de verschillende transitiepaden. Met het spreidingsmodel en laadlocatiemodel hebben we daarna bepaald waar per transitiepad een laadvraag ontstaat in Nederland tot en met 2050 en wat de verwachte elektriciteitsvraag is. De spreiding en verwachte elektriciteitsvraag is ook inzichtelijk en te downloaden in ons [interactieve dashboard](#). In dit hoofdstuk lichten we de spreiding en energievraag voor woningbouw, utiliteitsbouw en weg, dijk en spoor verder toe. Bijlage 11 geeft meer informatie over de verwachte elektriciteitsvraag voor het transitiepad energie. We hebben aangenomen dat elektrische mobiele werktuigen voor 100% geladen worden binnen de CBS-buurt waar ze werkzaam zijn.

8.1 Woningbouw

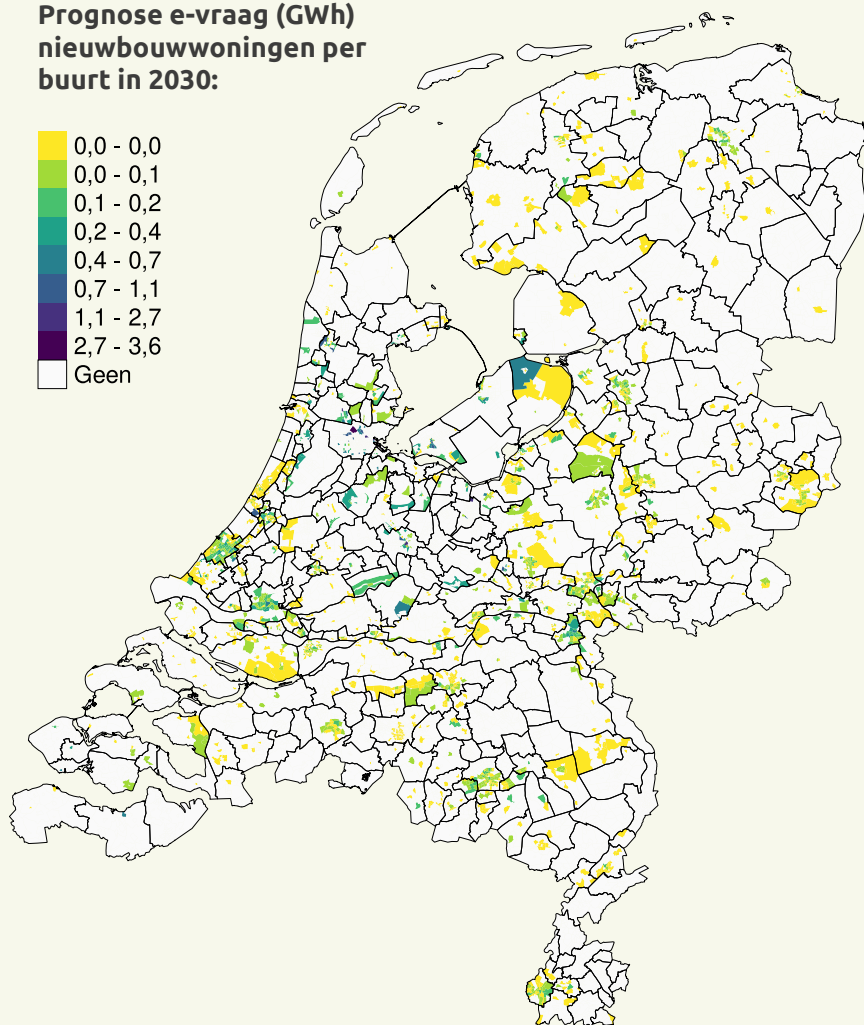
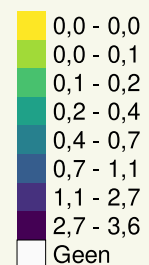
De spreiding van de inzet van elektrisch mobiele werktuigen bij nieuwbouwwoningen is tot stand gekomen met behulp van prognoses van het aantal nieuwbouwwoningen per buurt tot en met 2050. Hierbij hebben we een selectie gemaakt van buurten met minimaal vijf nieuwbouwwoningen die per jaar naar verwachting worden gerealiseerd. Op basis van de prognoses zien we dat tot 2035 het aantal nieuwbouwwoningen wat gerealiseerd gaat worden vrij stabiel ligt tussen de 70.000 en 80.000 woningen per jaar. Vanaf 2035 zien we een geleidelijke daling van het aantal nieuwbouwwoning. In de periode 2045 – 2050 is de verwachting dat er circa 35.000 woningen per jaar worden gerealiseerd. Deze verandering heeft gevolgen voor de hoeveelheid laadlocaties en de bijbehorende laadvraag. In 2030 wordt er naar verwachting op bijna 1.600 verschillende locaties, oftewel CBS-buurten, met elektrisch materieel gebouwd. In 2050 is de laadvraag meer gecentreerd in ongeveer 720 laadlocaties. Tegelijkertijd zijn richting 2050 bijna alle mobiele werktuigen elektrisch, wat

uiteindelijk een hogere laadvraag per locatie betekent. Bijlage 12 toont de prognoses voor nieuwbouwwoningen.

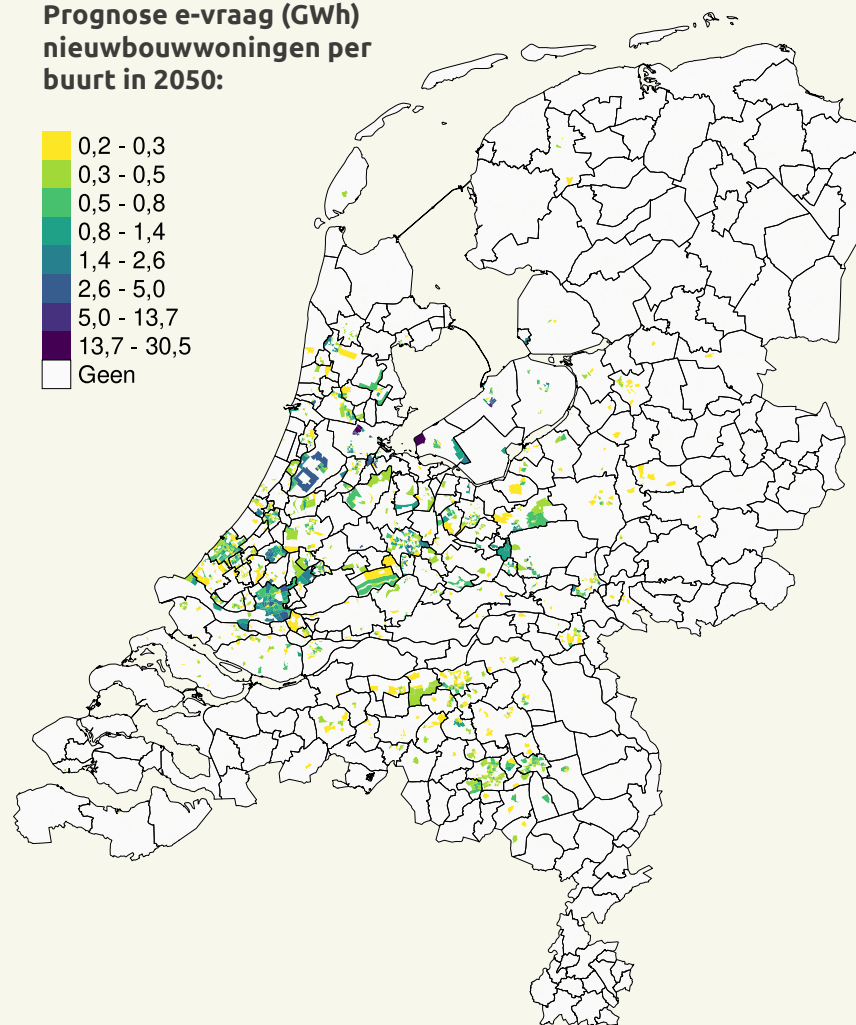
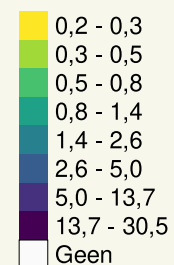
Per buurt hebben we ook rekening gehouden met twee extra aspecten: de nabijheid van Natura 2000-gebieden en (potentiële) ZE-zones. Bouwwerkzaamheden die in de nabijheid van Natura 2000-gebieden liggen (tot 5 km) of in de ZE-zones krijgen binnen het model meer ‘prioriteit’; een hogere kans voor allocatie van elektrisch werktuigen.

In figuur 6 is de verwachte elektriciteitsvraag verdeeld over Nederland in 2030 en 2050 grafisch weergegeven. Daarin is duidelijk te zien dat de locaties door de jaren heen wijzigen en dat de vermogensvraag gemiddeld gezien per locatie toeneemt.

**Prognose e-vraag (GWh)
niewbouwwoningen per
buurt in 2030:**



**Prognose e-vraag (GWh)
niewbouwwoningen per
buurt in 2050:**

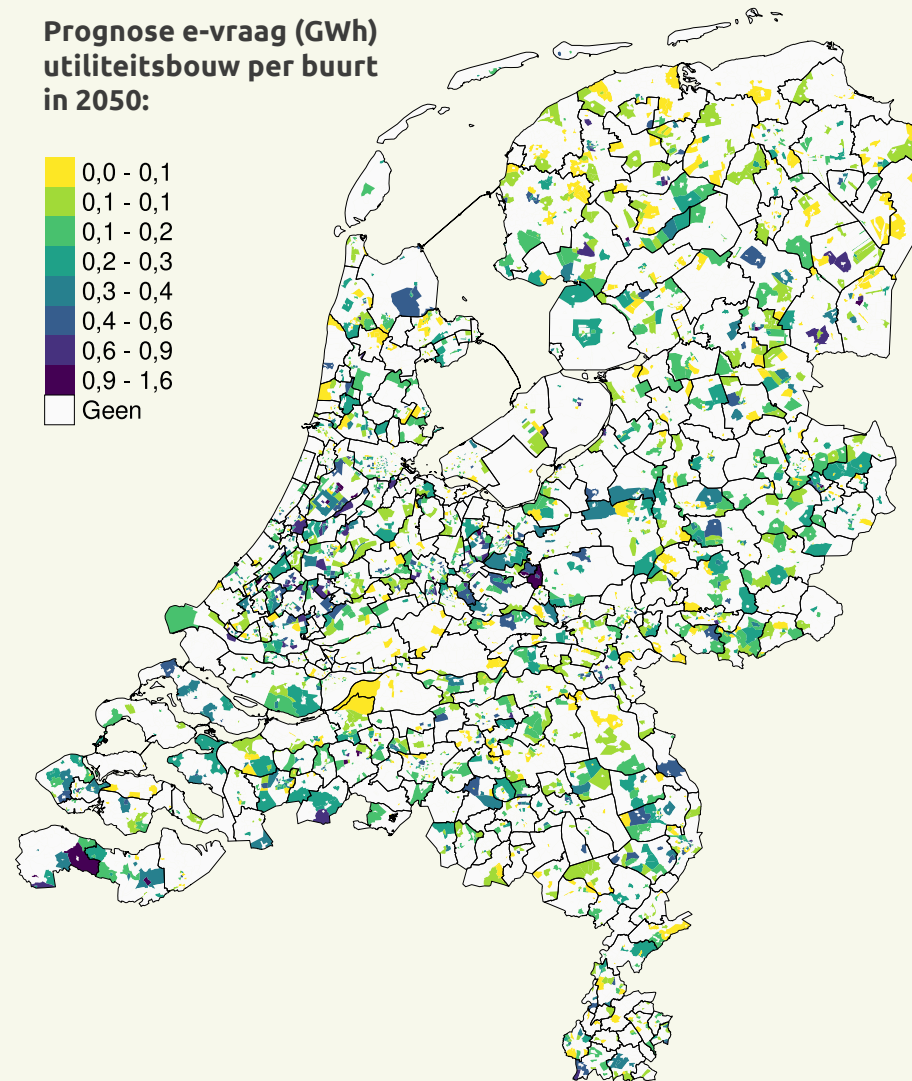


Figuur 6: Prognose elektriciteitsvraag mobiele werktuigen per CBS-buurt voor nieuwbouwwoningen in 2030 en 2050 (middenscenario).

Utiliteitsbouw

Er zijn er op dit moment ongeveer 1,4 miljoen panden die behoren tot utiliteitsbouw. Dit gaat om gebouwen die geen woningfunctie hebben, zoals bedrijfspanden, ziekenhuizen of schoolgebouwen. Meer dan 21% hiervan (313.000) bevinden zich op bedrijventerreinen (TNO, 2024). Uit de analyse van bouwvergunningen blijkt dat er jaarlijks gemiddeld 3.000 vergunningen worden afgegeven voor de nieuwbouw van utiliteitspanden (CBS, 2024). In deze analyse hebben we 3.000 locaties daarom als uitgangspunt gebruikt waar jaarlijks utiliteitsgebouwen worden gerealiseerd. Anders dan voor nieuwbouw van woningen zijn er namelijk geen prognoses beschikbaar. Hieronder lichten we toe hoe de regionale spreiding van mobiele werktuigen voor nieuwbouw van utiliteitspanden tot stand is gekomen.

Allereerst hebben we de nieuwbouwcijfers voor utiliteitsbouw per gemeente in kaart gebracht voor de periode 2012 – 2023. Dit geeft inzicht in de ontwikkeling van nieuwbouw en het aandeel per gemeente per jaar. Het historische aandeel in nieuwbouw per gemeente wordt in deze analyse als basis beschouwd voor de kans op nieuwbouw per gemeente in de komende jaren. Na het vaststellen van de verdeling per gemeente hebben we een prognose opgesteld voor nieuwbouw op CBS-buurtniveau. Bij deze verdeling hebben we gekeken naar het aandeel utiliteitspanden op buurniveau ten opzichte van het totaal aantal utiliteitspanden binnen een gemeente. Bij de spreiding van mobiele werktuigen wordt specifiek rekening gehouden met mogelijke nieuwbouw binnen bestaande bedrijventerreinen. We hebben via Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL)-regio's extra inzicht gekregen in mogelijke uitbreidingsplannen per bedrijventerrein. Dit inzicht is vastgesteld voor ruim 36% van alle bedrijventerreinen. Waar mogelijk extra uitbreiding komt, duidt dit op nieuwbouw van bedrijfspanden. Tot slot hebben we bij de spreiding ook rekening gehouden met de nabijheid van Natura 2000-gebieden en ZE-zones. Op deze wijze wordt 26% van de totale energievraag van mobiele werktuigen per jaar gealloceerd aan utiliteitsbouw. Deze energievraag wordt jaarlijks verdeeld over 3.000 unieke CBS-buurtten voor de nieuwbouw van utiliteitsgebouwen. Bij de selectie hebben we rekening gehouden met relevante buurtkenmerken. Bovendien hebben we tussen elke buurtselectie een gemiddeld tijdsverschil van vijf jaar aangehouden. De allocatie van de energievraag vindt dus ongelijkmatig plaats over alle buurten. Figuur 7 toont de verwachte elektriciteitsvraag voor de utiliteitsbouw in 2050 volgens het middenscenario.



Figuur 7: Prognose elektriciteitsvraag mobiele werktuigen per CBS-buurt in 2050 voor utiliteitsbouw (middenscenario).

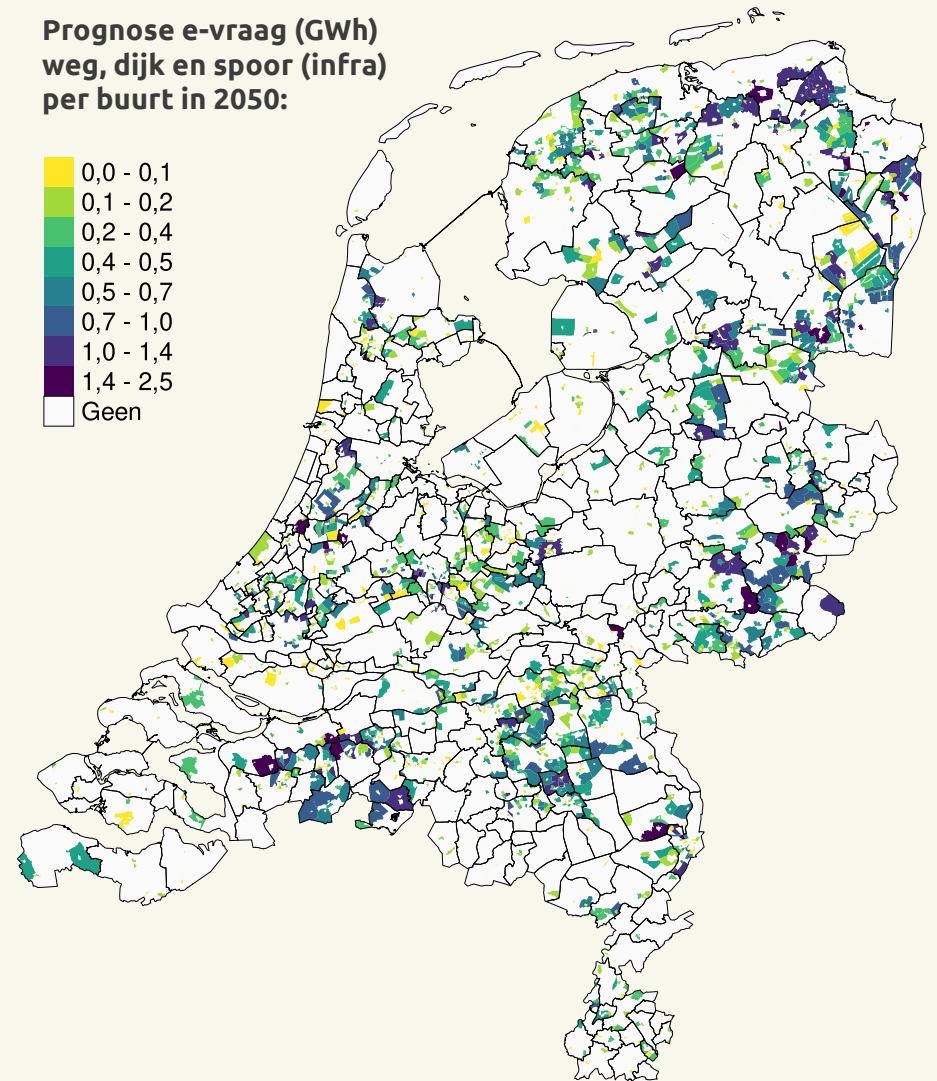
8.3

Weg, dijk en spoor

Er worden ongeveer 2.000 inraprojecten per jaar opgeleverd, met werkzaamheden aan wegen, dijken en spoorlijnen. De verdeling per type infrastructuur is als volgt: weg (42%), dijk (34%) en spoor (24%). Waar precies en voor hoe lang infrastructuurwerkzaamheden plaatsvinden, varieert per jaar. Het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT) geeft inzicht in grote infrastructuurprojecten tot en met 2040. MIRT-projecten hebben vaak een looptijd van meerdere jaren en omvatten bepaalde trajecten en corridors. Echter, de exacte planning en locatie van de werkzaamheden is niet bekend.

Om de regionale spreiding en elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen voor weg, dijk, en spoor te bepalen, hebben we in eerste instantie de ligging en lengtes van wegen, dijken en spoorlijnen in kaart gebracht op CBS-buurniveau. Daarnaast hebben we diverse 'points of interest' inzichtelijk gemaakt waar onderhoudswerkzaamheden kunnen plaatsvinden per buurt. Denk hierbij aan bruggen, viaducten en tunnels. Tot slot hebben we, zoals bij woningbouw en utiliteitsbouw, per CBS-buurt gekeken naar de nabijheid van Natura 2000-gebieden en ZE-zones.

Infrastructuurprojecten zijn niet evenredig verdeeld over het land en zijn over het algemeen gecentreerd op naar schatting 2.000 locaties per jaar (Bouwberichten.nl, 2024). Op basis van de bovenstaande kenmerken (aanwezigheid van wegen, dijken en spoorlijnen, de lengtes, points of interest en de ligging van een CBS-buurt ten opzichte van Natura 2000-gebieden en ZE-zones) hebben we jaarlijks 2.000 locaties geselecteerd om de inzet van mobiele werktuigen te alloceren. Bij de selectie hebben we rekening gehouden met de buurtkenmerken, vergelijkbaar met de analyse voor utiliteitsbouw. Voor weg, dijk en spoor hebben we tussen elke buurtselectie een gemiddeld tijdsverschil van bijna zeven jaar aangehouden. Figuur 8 toont de verwachte elektriciteitsvraag voor weg, dijk en spoor in 2050 volgens het middenscenario.



Figuur 8: Prognose elektriciteitsvraag mobiele werktuigen per CBS-buurt in 2050 voor weg, dijk en spoor (middenscenario).

9. Laadprofielen

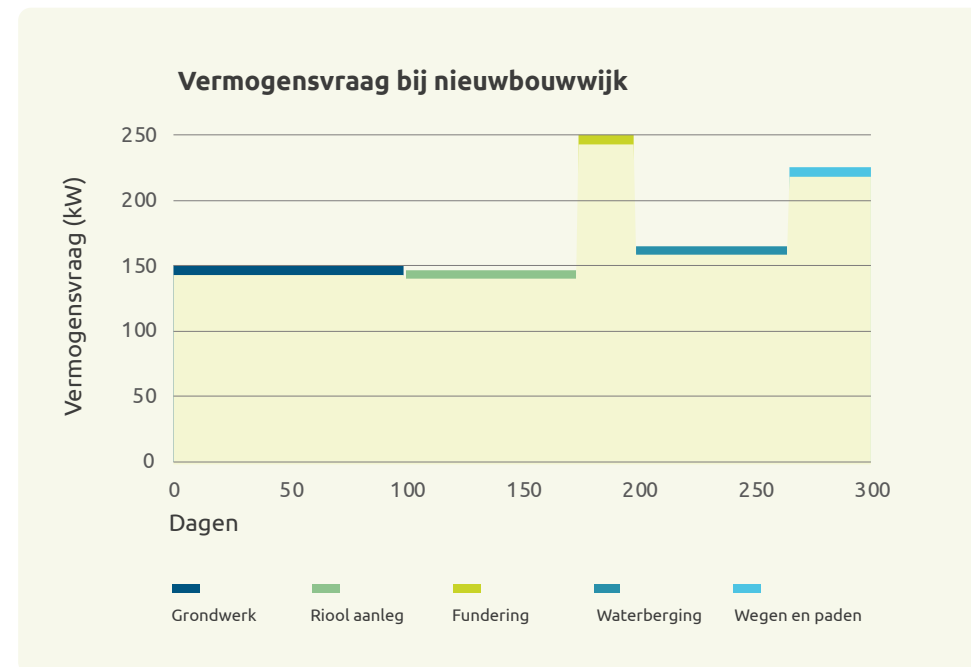
In hoofdstuk 5 hebben we twee type bouwprojecten genoemd rondom de energievoorziening op de bouwplaats: puntprojecten en lijnprojecten. In dit hoofdstuk zoomen we in op het laadprofiel van beide projecten en welke impact dit heeft op het elektriciteitsnet, gedurende de dag en het project.

9.1 Laadprofiel puntproject (woningbouw)

De soorten werkzaamheden voor nieuwbouw in een woonwijk verschillen per fase. Vanwege de sterke ontwikkeling in de branche en de fase van adoptie waarin we zitten, zijn er nog geen representatieve meetlocaties. Om tot een laadprofiel te komen, is daarom een hypothetische wijk gemodelleerd die gebouwd wordt met bijbehorende werkzaamheden en laadprofiel, zie figuur 9.

Het bouwen van een nieuwbouwwijk bestaat uit vier fases:

- **Bouwrijp maken.** Grondverzetmachines vragen een relatief hoog laadvermogen aangezien ze ongeveer 600 kWh/stuk/per dag verbruiken. Ze laden vooral 's nachts en deels tijdens de lunch.
- **Funderingen.** De machines die helpen met het uitgraven van kelders en heien vragen minder vermogen dan fase 1, maar zullen 's nachts nog steeds een significante impact op het net hebben.
- **Ruwbouw.** Nutsvoorzieningen, dragende muren, enzovoort, vragen diverse voorzieningen die 's nachts laden, maar ook een aantal machines die rechtstreeks op het net zijn aangesloten.
- **Afbouw.** Dekvloeren, schilderwerk, straatwerk, et cetera, vragen een grote diversiteit aan machines maar relatief lage vermogens. Een deel hiervan zal 's nachts 'thuis' laden, maar een deel ook overdag op aanwezige huisaansluitingen.



Figuur 9: Voorbeeld van een vermogensprofiel voor een nieuwbouwwijk (TNO, 2022).

In de praktijk kunnen, met name bij grotere projecten, fase 2, 3 en 4 gelijktijdig plaatsvinden. Het eerste blok woningen wordt dan al opgeleverd terwijl de bouw van het laatste blok nog moet starten. Aangezien de vermogensvraag in de eerste fase al groot is, is de timing van de netaansluiting belangrijk. Het gereed hebben van de energievoorziening en de juiste timing zijn dus van groot belang.

9.2

Laadprofiel lijnproject (wegenbouw)

In de infraprojecten, dus lijnprojecten, zien we net als in de woningbouw snelle ontwikkelingen. Voor deze Outlook hebben we een wegenbouwproject genomen als voorbeeld, zie figuur 10. De netaansluitingen bij dit project zijn tijdelijk van aard, er wordt ook gebruik gemaakt van het laden bij locaties van derden.

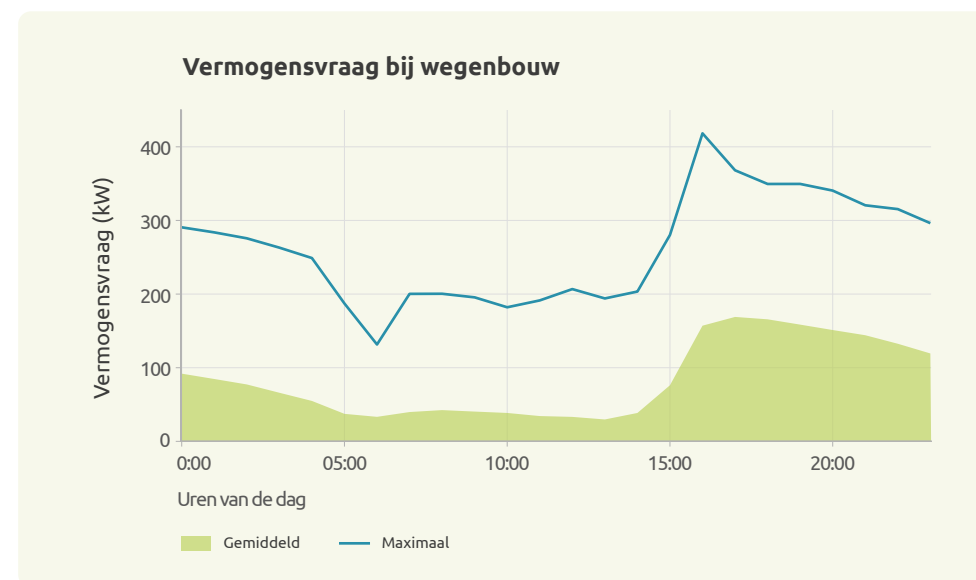
Deze projecten kennen meerdere fasen met verschillende vermogensvraag:

- Dit begint met het **verwijderen van oud wegdek**, waarbij vooral mobiele kranen, rupskranen en elektrische bakwagens worden ingezet.
- Vervolgens het **grondverzet** (inclusief heiwerkzaamheden) ter voorbereiding op de nieuw aan te leggen asfaltlaag, waarbij dezelfde materieelstukken worden ingezet met vervolgens, waar nodig, damwandstellingen.
- Dan volgt het **asfalteren** zelf, wat met elektrische asfaltsets.
- Vervolgens de **afwerking**. Hierin is de vermogensvraag laag en beperkt zich tot licht materieel en enkele elektrische auto's en/of bestelbusjes.

Gedurende deze fasen is er een doorgaande logistieke stroom van materialen en personen. Om de impact van deze werkzaamheden op het elektriciteitsnet in kaart te brengen hebben we het elektriciteitsverbruik gedurende twaalf maanden van een wegenbouwproject geanalyseerd en omgezet in een laadprofiel. Dit laadprofiel visualiseert de daadwerkelijke vermogensvraag op een wegenbouwproject van de aansluitingen op de bouwplaats zelf. Het laden van materieel bij locaties van derden is hierin niet meegenomen. De werkzaamheden die zichtbaar zijn in dit profiel hebben betrekking op de eerste twee fasen zoals hierboven genoemd, het grondverzet inclusief materiaallogistiek en heiwerkzaamheden.

De laadprofielen zijn het resultaat van de laadbehoefte van meerdere trucks op de bouwplaats, mobiele kranen, -rupskranen en enkele zware materieelstukken. Enkele van deze materieelstukken werken met mobiele accupakketten, het laden hiervan is in het laadprofiel

meegenomen. Het laden gebeurt op meerdere laadlocaties op de bouwplaats. We hebben alle laadlocaties geanalyseerd, maar vanwege het wisselende gebruik van elektrische materieelstukken op de verschillende locaties is het een geaggregeerd profiel van alle laadlocaties.



Figuur 10: Voorbeeld van een vermogensprofiel van een wegenbouwproject op basis van data over 2023.

Het is duidelijk zichtbaar dat de materieelstukken vooral gedurende de avond en nacht worden geladen, met incidenteel laden overdag, met name rond de middaguren. Dit hangt nauw samen met de werktijden. Het incidenteel laden overdag komt voort uit de noodzaak voor bijladen om een gehele werkdag te kunnen werken.

In beide scenario's wordt er voornamelijk 's nachts geladen. Daarbij zit potentieel om slimmer- en netbewust te gaan laden. Hierover meer in hoofdstuk 10. Ook publiceren we eind Q2 2024 een uitgebreid rapport waarin het efficiënter benutten van het stroomnet ten behoeve van emissieloos bouwen in detail wordt uitgewerkt, eveneens gebaseerd op praktijkdata van een wegenbouwproject.

In bijlage 13 hebben we een prognose van de vermogensvraag van elektrische mobiele werktuigen tot en met 2050 uitgewerkt op basis van het piekmoment in figuur 10.

9.3

Aan de slag met laadprofielen voor de bouw

Elk bouwproject is anders en dat geldt ook voor de vermogensvraag. Zoals eerder in deze Outlook belicht, wordt het steeds belangrijker om tijdig inzicht te krijgen welke vermogensvraag er bij een bouwproject is. Met een vermogensbehoefte en laadprofiel dat voorafgaand aan een project is opgesteld kan een opdrachtgever of aanvrager het gesprek aangaan met de netbeheerder, en eventueel derden, om voldoende capaciteit op de bouwplaats te realiseren. Ook een opdrachtnemer heeft baat bij een vermogensprofiel om daarmee het laden op voorhand te kunnen plannen. Daarnaast kan de opdrachtgever dan rekening houden met zaken als slim- en netbewust laden en mogelijke netcongestie op bepaalde momenten van de dag. Zowel opdrachtgevers als opdrachtnemers kunnen nu al aan de slag met het maken van een laadprofiel met de [rekentool](#) van de NAL.



10. Punten van aandacht

Volgens het middenscenario zijn alle mobiele werktuigen in 2050 elektrisch aangedreven. De druk op het net zal hierdoor toenemen. De tijdelijkheid van bouwprojecten in combinatie met schaarste van mensen en materiaal bij netbeheerders en netcongestie vraagt om nieuwe en slimme manieren van werken bij alle stakeholders. In dit hoofdstuk lichten we deze punten van aandacht toe.

10.1 Procesverandering en beleid

Tijdig aandacht voor de energievoorziening is noodzakelijk om op tijd voldoende vermogen te kunnen realiseren. Er is echter nog geen beeld van de totale benodigde infrastructuur voor de opgave rondom emissieloos bouwen en daarbij horend nationaal dekkend basisnetwerk voor laadinfrastructuur. Dat vraagt om een andere, proactieve rol van de opdrachtgever die, nog voordat de opdrachtnemer gecontracteerd is, nagedacht moet hebben over de energievoorziening die nodig is om het project emissieloos uit te kunnen voeren. Zo kan een opdrachtgever ruimte beschikbaar stellen voor het ontwikkelen van een (tijdelijke) laadhub of een faciliterende rol spelen bij het verkrijgen van capaciteit bij derden/bij de burens.

Door lange-termijn keuzes in hun (inkoop-)beleid, kunnen opdrachtgevers ook bijdragen aan een duurzame groei van ZE materieel. In de [‘procesplaat elektrisch laden op de bouwplaats’](#) van de NAL is hier een voorstel voor gedaan. Daarnaast laat een recent uitgevoerde pilot zien dat er een dringend advies is tijdig te werken aan inzicht in de vermogensvraag en het aangaan van het gesprek met de netbeheerder.

Hierbij is het ook belangrijk om bijkomende ontwikkelingen als de ‘energielogistiek’ (als resultaat van elders laden dan de bouwplaats) mee te nemen. Wanneer dit procesmatig niet goed ingebed wordt, kan dat leiden tot meer lokale vervoersbeweging en vermogensvraag.

Er is ten slotte een noodzaak voor een visie voor de uitfasering van verbrandingsmotoren voor mobiele werktuigen op Europees niveau. Deze is er wel voor personenwagens en vrachtwagens en geven fabrikanten houvast en een gelijk speelveld richting de toekomst.

10.2 Netbewust bouwen

In de piekuren laden kan een kritieke extra belasting op het elektriciteitsnet veroorzaken. Deze komt vaak overeenkomt met het einde van de werkdag op de bouw, aangezien alle elektrische werktuigen dan tegelijk starten met laden. Het is voor bouwpartijen essentieel om te oriënteren op slim- en netbewust te laden, dus het verplaatsen en afvlakken van de laadpiek tijdens deze ‘spitsuren’. Dit kan het verschil maken tussen wel of niet genoeg capaciteit en vermogen beschikbaar hebben op de bouwplaats. Netbewust laden wordt op het moment geïmplementeerd bij publieke laadpunten voor personenauto’s via het programma Slim Laden Voor Iedereen. Dit kan in combinatie met ‘tijdsgebonden contracten’, die in 2025 beschikbaar komen. Hierbij is gedurende vaste tijdsblokken (voornamelijk in de nacht) extra vermogen beschikbaar om het bouwmaterieel op te laden voor de volgende dag. Dit helpt om het bestaande net efficiënt te benutten en om (extra) vermogen vrij te geven op momenten dat dat met reguliere contracten niet kon. Ook de inzet van mobiele batterijcontainers kan gunstig zijn, om overdag te kunnen laden wanneer er overdag geen vermogen uit het net beschikbaar is.

10.3 Standaardisatie

Interoperabiliteit en veiligheid van laden op de bouwplaats zijn essentieel om emissieloos bouwen schaalbaar, veilig en betrouwbaar te maken. Er zijn op dit moment nog onvoldoende stappen gezet om snelle opschaling mogelijk te maken. Regelmatig vindt men het wiel op dit thema opnieuw uit op projectniveau, waardoor de opgedane kennis niet bijdraagt aan algehele mitigatie van de praktijkproblemen. Zeker aangezien per bouwlocatie de laadbehoefte op een andere manier ingevuld kan gaan worden (zie ook de 'ladder van laden'). Netbeheerders, beleidsmakers (overheid), de markt (met name fabrikanten en/of ombouwers) en opdrachtgevers moeten samen de handschoen oppakken om toe te werken naar standaardoplossingen voor het veilig en betrouwbaar laden van bouwmaterieel.

10.4 Verder onderzoek

Van de mobiele werktuigen wordt 42% ingezet in de bouw. Dit betekent dat er nog een aanzienlijke elektriciteitsvraag is voor alle overige mobiele werktuigen. De adoptiesnelheid en specifieke inzet en kenmerken van de industrieën waar deze worden ingezet (havens, landbouw, zware industrie, et cetera) zal verder onderzocht moeten worden, aangezien er op dit moment maar heel beperkt databronnen en inzichten beschikbaar zijn.

Het bouwtransport wordt in alle details meegenomen in onze volgende Outlook over logistiek. Hier zoomen we verder in op de marktontwikkelingen voor bestelauto's en vrachtwagens en voeren we onze analyses uit om te prognosticeren waar en wanneer deze geladen gaan worden.

De ontwikkelingen rondom kust- en vaargeulonderhoud waren voor deze Outlook te beperkt om uitspraken over te doen, maar hier zal in de toekomst zeker verder onderzoek naar moeten komen.



11. Conclusie

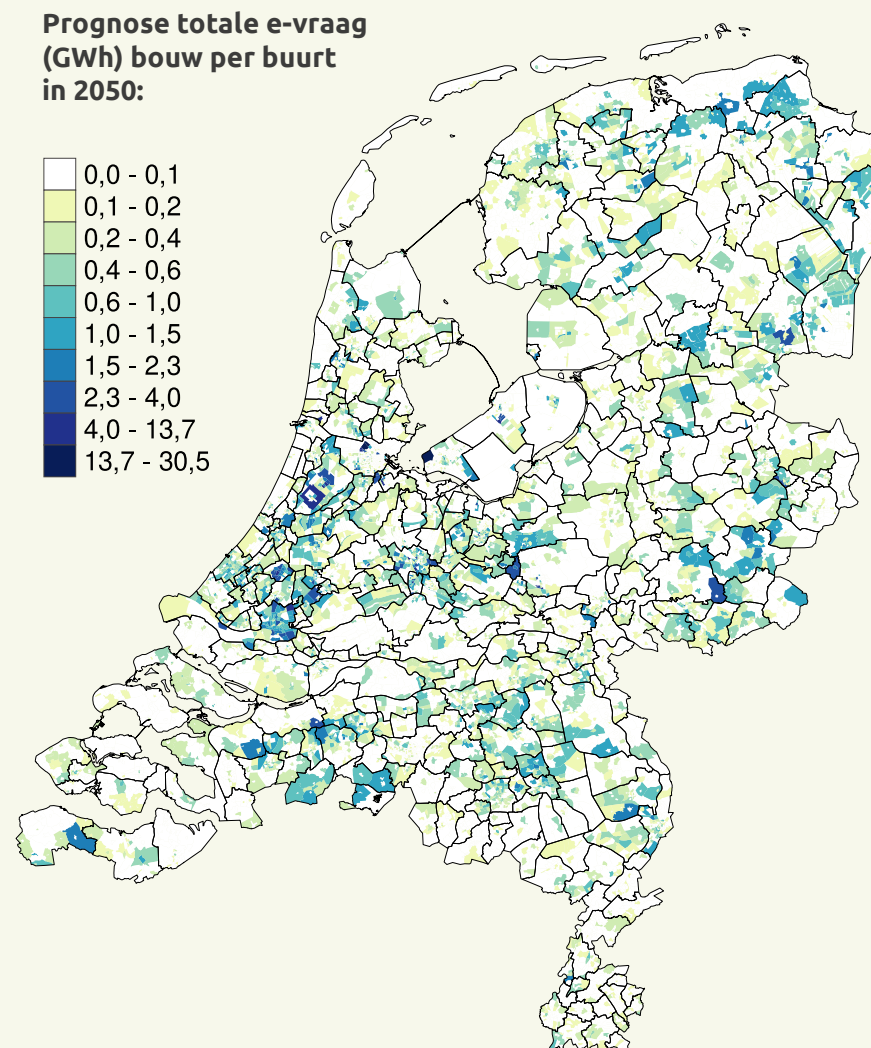
11.1 Verskil in vermogensvraag per sector

De bouwsector zal naar verwachting in 2050 een totale elektriciteitsvraag van 2,3 TWh hebben voor het opladen van elektrische mobiele werktuigen. Figuur 11 toont de prognose voor elektriciteitsvraag op bouwlocaties in 2050 volgens het middenscenario. Naar verwachting betreft dit ruim 6.000 locaties (CBS-buurtten, zie figuur 12) waar diverse bouwwerkzaamheden plaatsvinden en waar dus ook een vraag naar laadvoorzieningen ontstaat. 65% van de elektriciteitsvraag komt voort uit woningbouw en utiliteitsbouw. Ongeveer een derde van de vraag ontstaat bij infrastructureurprojecten (weg, dijk en spoor). Een klein deel van de vraag komt van energieprojecten (3,5%) en van kustlijnverzorging en vaargeulonderhoud (< 0,5%). De resultaten van deze Outlook zijn ook inzichtelijk en te downloaden in ons [interactieve dashboard](#).

11.2 Transitie staat nog in de kinderschoenen

De bouwsector werkt al enkele jaren toe naar emissieloos bouwen, maar staat desalniettemin nog aan het begin van deze transitie. Op korte termijn zal het aanbod van emissieloos materieel de ingroei mede bepalen, niet de vraag. Wanneer dit aanbod groeit, zal de ingroei ook sterk toenemen.

Daarnaast zijn er beleidsmatige factoren van invloed op de ingroei van elektrisch bouw-materieel, zoals overkoepelende stikstofrichtlijnen, het bouwen in en rondom Natura 2000-gebieden, beleid van gemeenten en inkoopbeleid van grote opdrachtgevers. De ingroeipaden van bijvoorbeeld het convenant SEB geven daarin enige kaders, maar dit geldt op dit moment alleen voor de ondertekenaars van dat convenant.



Figuur 11: Prognose totale elektriciteitsvraag mobiele werktuigen per CBS-buurt in 2050 voor de bouw (exclusief transitiepad energie) per buurt (middenscenario).

11.3 Standaardisatie en slim - & netbewust laden noodzakelijk

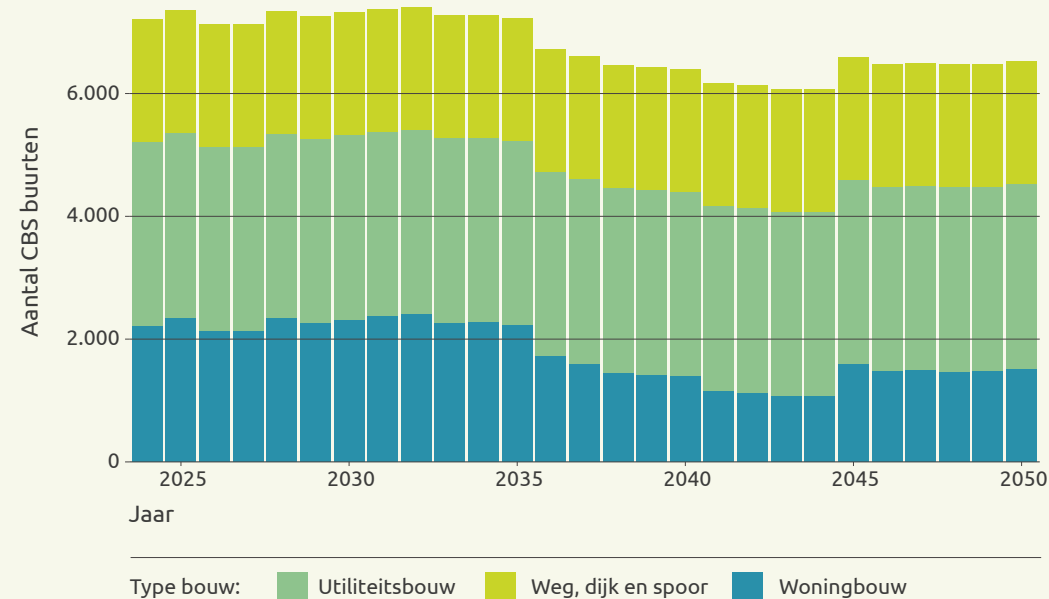
Standaardisatie (zowel qua laadtechnologie als veiligheid) en slim- en netbewust laden zijn nieuwe thema's voor de bouwsector. Dit zijn ook thema's die op dit moment nog voor praktische problemen in het werkveld zorgen, waarbij betrouwbaarheid en veiligheid van de laadinfrastructuur in het geding kunnen komen. Daarnaast zijn er nog bijkomende praktische uitdagingen, zoals de connectiviteit tussen werktuigen en laadvoorzieningen, zeker als er op bouwlocaties meerdere type werktuigen en laadinfrastructuur door elkaar heen gebruikt worden en deze ook nog eens tijdelijk van aard zijn. Dit maakt de opgave nog complexer ten opzichte van andere sectoren. Standaardisatie is dus essentieel om daadwerkelijk betrouwbaar en veilig te kunnen laden op de bouwplaats.

Slim laden in de breedste zin van het woord is absoluut een tweede randvoorwaarde; in combinatie met de aankomende tijdsblokgebonden contracten (2025) kan dit het verschil zijn tussen wel of niet voldoende vermogen en capaciteit beschikbaar te hebben voor de bouw.

11.4 Ladder van laden

Om te kunnen komen tot een situatie waarin slim- en netbewust geladen kán worden, is het maken van de juiste keuzes essentieel. Het realiseren van een laadvoorziening op, of ten behoeve van een bouwplaats is geen kwestie meer van 'gewoon' een aanvraag doen, maar het doorlopen van meerdere stappen en daarbij de meest haalbare variant(en) te kiezen. De 'ladder van laden' is daarvoor een handreiking waarin alle werkbare opties zijn opgenomen. Op deze manier werken we samen aan toekomstbestendig gebruik van het elektriciteitsnet.

Prognose aantal CBS buurten waarin bouwwerkzaamheden plaatsvinden



Figuur 12: Prognoses aantal CBS-buurten waarin bouwwerkzaamheden met elektrische mobiele werktuigen tot en met 2050 plaatsvinden.

12. Referentielijst

Bron	Informatie/titel publicatie
Bouwberichten.nl	Infraprojecten (juni 2024)
CBS	Bouwvergunningen - bedrijfsgebouwen (mei 2024)
EIB	Infrastructuurmonitor (dec. 2020)
EIB	De Bouw in 2030
Revnext & RVO.nl	Trendrapport Logistieke Voertuigen - Deel 2 (maart 2022)
RIVM	Methods for calculating the emissions of transport in the Netherlands (april 2024)
RVO	Realisatie gegevens SSEB 2022 & 2023
SEB	Routekaart SEB (2023)
TNO	Dataset utiliteitsbouw (mei 2024)
TNO	Eindrapport data onderzoek mobiele machines in Nederland (juni 2021)
TNO	Schoon en Emissieloos Bouwen: opties laad- en tankinfrastructuur (juli 2022)
TwynstraGudde	Procesplaat laden op de Bouwplaats (2023)
Volvogroup.com	Kwartaalcijfers (juni 2024)

Bijlage 1: Marktontwikkelingen bouwtransport

Het bouwtransport is onder te verdelen in de bestelwagens en de vrachtwagens. Het grootst qua aantallen zijn de bestelwagens (N1) met ongeveer 258.000 stuks. Er zijn met 19.300 voertuigen minder vrachtwagens (N2 + N3), maar de diversiteit is enorm.

Het beeld qua elektrificatie van deze voertuigen is erg afhankelijk van de inzet ervan. Voor de bestelauto's (N1) is er een ruim aanbod, meer dan 10 verschillende merken bieden een elektrische bestelbus in verschillende groottes aan. Dit zijn zowel de gekende merken zoals Renault, Mercedes en VW, maar ook nieuwere merken zoals BYD en Maxus. Batterijen variëren tussen de 40 en 110 kWh en kunnen zowel AC (11 kW) als DC (> 50 kW) geladen worden. De diversiteit in accu-capaciteit is zowel een teken van de zeer snelle vooruitgang in batterijcapaciteit per volume, maar ook een bewuste keuze van bepaalde spelers om laadgewicht te verkiezen boven range. We kunnen concluderen dat er genoeg te kiezen is, maar er zijn nog wel twee kanttekeningen. Door het zware accupakket in combinatie met de regels rondom het maximale voertuiggewicht met C-rijbewijs is het laadvermogen (hoeveel kilo's je mee mag nemen) lager dan bij de dieselversies. In de bouw, waar men vaak veel en zwaar gereedschap heeft, is dit een uitdaging. Daarnaast is ook het trekgewicht nog niet competitief. Zware aanhangwagens zijn over het algemeen nog niet mogelijk.

Voor de vrachtwagens, bestaande uit bakwagens en trekker/opleggers (N2 + N3) zien we dat ongeveer de helft bestaat uit trekkers. Bakwagens zijn over het algemeen specialistisch qua inzet. Zie figuur 13 voor een uitgebreide lijst. Op dit moment zien we dat het elektrificeren van trekkers sneller gaat. Dit komt met name door de beschikbare ruimte aan het chassis dat nodig is voor batterijpakketten. Bij bakwagens zien we vanwege de hoge gewichten vaak 3-, 4-, en zelfs 5-assige voertuigen. Daarnaast zijn ze vaak voorzien van een opbouw die ruimte vraagt, denk hierbij aan steunpoten voor kranen of hydrauliek-tanks. Met de huidige stand van (batterij)techniek is het voor de complexere voertuigen lastig om een één-op-één vervanging voor een dieselveertuig te bouwen, maar met compromissen op het gebied van range of laadvermogen is er veel mogelijk. Veruit de

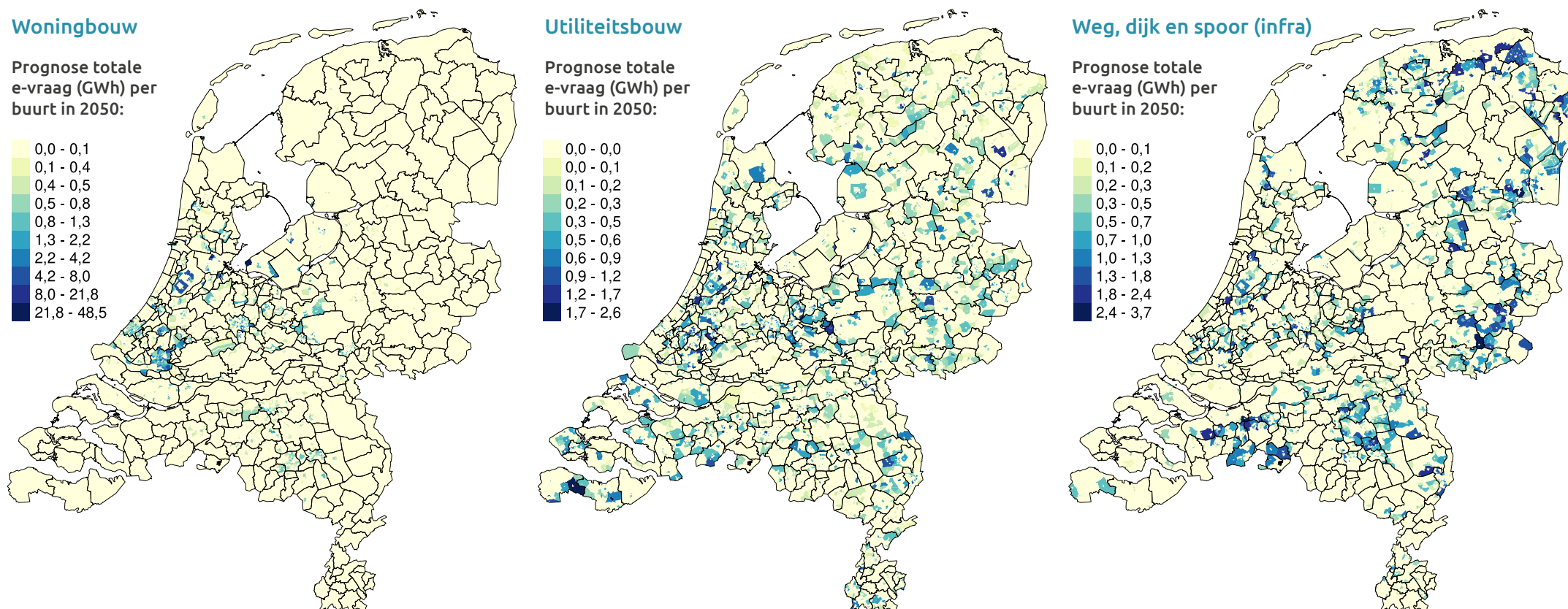
grootste speler in de Nederlandse markt is Volvo. Renault, Scania, DAF en Mercedes volgen op afstand. De batterijcapaciteit is maximaal zo'n 500-600 kWh. Laden gebeurt over het algemeen met 50kW (langzaam) of maximaal 350 kW bij snelladen. Meer trends en diepere achtergrondinformatie rondom logistiek volgen in de Outlook later dit jaar.

Inrichtingen	VA klein (3,5-7,5t)	VA middel (7,5-16t)	VA groot (16-23t)	Zwaar-speciaal (> 23t)	Totaal
Voertuig met haakarm	19	41	98	3.757	3.915
Kipper	302	272	335	2.878	3.787
Mobiele kraan		21	44	2.369	2.434
Betonmixer		8	3	1.074	1.085
Hoogwerker	177	130	93	103	503
Asfaltkipper		1		445	446
Beton pomp	2	4	21	227	254
Kraanwagen	36	52	9	131	228
Achterwaartse kipper	19	78	26	61	184
Driezijdige kipper	19	71	37	11	138
Resteelwagen	47	35	7	4	93
Open met kraan	7	31	5	1	44
Boorwagen	1		17	7	25
Compressor	3	8	1	7	19
Tweezijdige kipper	1	1		2	4
Keetwagen	1	2			3
Totaal	634	755	696	11.077	13.162
Verdeling 'bouwinrichtingen' naar segmenten	5%	6%	5%	84%	100%
Aandeel 'bouwinrichtingen' per segmenttotaal	5%	4%	4%	34%	

Figuur 13: Selectie van 16 typische bouwlogistieke voertuigeninrichtingen in het Nederlandse wagenpark per 31-12-2021. (Bron: Trendrapport Logistieke Voertuigen, 2022)

Bijlage 2: Analyses bouwtransport

Figuur 14 bevat de prognoses voor de totale elektriciteitsvraag bij bouwlocaties. Dit betreft dus zowel de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen (100% laden bij bouwlocaties) als bouwtransport (50% laden bij de bouwlocaties).



Figuur 14: Prognoses voor de totale elektriciteitsvraag (mobiele werktuigen en bouwtransport) per CBS-buurt in 2050 voor woningbouw, utiliteitsbouw en weg, dijk en spoor.

Bijlage 3: Huidig materieelpark bouw

Vermogensklasse	Voorbeeld mobiele werktuigen	Fabrikanten	Ombouw/ Serieproductie	Batterijcapaciteit (kWh)	Laadsnelheid (kW)
Mini (< 19 kW)	Trilplaten, trilstampers, mini-gravers, wielladers, dumpers, bestratingsmachines, hoogwerkers	Veel aanbod, o.a. Swepac, Wacker Neuson, Ammann, Bobcat, Case, Komatsu, Volvo, Limach, EcoDigger	Vooral serieproductie	1,3 - 44,5 kWh	Laag (3 kW onboard)
Licht (19 - 56 kW)	Asfaltrollers, graafmachines, verreikers, wielladers	Circa 5 fabrikanten per type machine. o.a. Volvo, Hamm, Caterpillar, Kramer, Knikmops	30% ombouw, 70% serieproductie	15 – 40 kWh voor kleine en 100 – 200 kWh grote graafmachines.	Laag (6-9 kW onboard), 150 kW DC voor grote graafmachines
Middelzwaar (56 - 130 kW)	(Rups)graafmachines, asfaltrollers, dumpers, verreikers	Beperkt aanbod, ombouwende partijen zoals Urban Mobility Systems en Staad.	50% ombouw, 50% serieproductie	46 – 500 kWh	11 kW onboard tot 150 kW DC
Zwaar (130 - 560 kW)	Heimachines, rupskranen, boren, rupshijskranen, (rups)graafmachines, wielladers, asfaltwerkmachines	Beperkt aanbod van o.a. Liebherr, PVE	50% ombouw, 50% serieproductie	o.a. 260 kWh voor rupshijskranen.	-
Speciaal (> 560 kW)	Heimachines, locomotieven	Nauwelijks aanbod	100% ombouw	1200 kWh	150 DC

Tabel 3: Overzicht huidig materieelpark bouw.

Bijlage 4: Ontwikkefasen elektrische mobiele werktuigen

De ontwikkeling van een elektrisch aangedreven mobiel werktuig is een complex traject. De stappen die deze mobiele werktuigen moeten doorlopen, zijn grotendeels dezelfde als die van personenwagens, bestelauto's en vrachtwagens. In tabel 4 kan 'werktuig' dus vervangen worden voor 'voertuig'. Voor elke fase moeten ingenieurs een product ontwikkelen, leveranciers nieuwe

componenten ontwikkelen en leveren, medewerkers, dealers en servicemedewerkers moeten getraind worden, het werktuig moet getest, gevalideerd en gecertificeerd worden en productie moet worden ingericht. De verschillende fases van ontwikkeling kosten daarom minstens 18 – 24 maanden.

	Fase1 'ombouw'	Fase 2 'dubbel platform'	Fase 3 '100% elektrisch'
Algemeen	- Een bestaand werktuig wordt omgebouwd - Plaatsing componenten is nog niet efficiënt	- Werktuig wordt nieuw ontwikkeld met zowel diesel als elektrische aandrijflijn - Geleerde lessen van ombouw worden geïmplementeerd	Werktuig is 100% ontwikkeld als elektrisch aangedreven
Ontwikkeling	Toeleveranciers leveren nieuwe onderdelen	- Toeleveranciers kunnen opschalen - Compromissen in ontwerp omdat beide aandrijflijnen moeten passen	- Toeleveranciers kunnen goedkoper produceren door hun eigen schaalvoordelen - Positie componenten is optimaal, geen compromissen meer nodig
Productie	Bouw apart van standaard productielijn	Gecombineerde productie of eigen productielijn betekent efficiëntieverbetering	- Geen verstoringen door dubbele aandrijflijnen - Personeel is optimaal getraind
Kosten	Hoge kosten door ontwikkelingskosten, productie-inefficiënties en lage verkoopvolumes	Lagere kosten door schaalvoordelen en efficiëntere productie	Kostenefficiëntie op alle vlakken: ontwerp, leveranciers en productie

Tabel 4: Ontwikkefasen elektrische mobiele werktuigen.

Bijlage 5: Mitigerende maatregelen

Naast direct laden vanaf het elektriciteitsnet kunnen er diverse technieken gebruikt worden om de bouwplaats van energie te voorzien, voor flexibiliteit of om vermogenspieken op te vangen. Hieronder een overzicht van technieken.

Batterijen

Batterijen zijn de bekendste en meest ingezette optie op dit moment. Een batterij kan op diverse manieren worden ingezet, zoals bijvoorbeeld overdag de batterij laden met zonne-stroom en hiermee 's nachts mobiele werktuigen laden. Een batterij 'voldruppelen' met een kleine aansluiting geeft de mogelijkheid om met hoger vermogen een werktuig te kunnen laden. Tot slot kan je een batterij op een andere plaats (bijvoorbeeld depot of laadhub) laden en deze energie naar de bouwplaats brengen, wat flexibiliteit geeft.

Waterstof

Waterstof kan op verschillende manieren ingezet worden op de bouwplaats. Waterstof als brandstof in een mobiel werktuig is nog een grote onzekerheid. Op dit moment is elektrisch de enige optie voor mini en licht materieel. Voor de zwaardere materieelstukken zijn er diverse studies en prototypes in omloop, maar serieproducten worden op korte termijn niet op de markt verwacht. JCB zet in op de waterstofverbrandingsmotor, maar de vraag is of dit kostencompetitief gaat zijn vanwege de lagere energie-efficiëntie en hoge prijs van (groene) waterstof. Voor wat betreft de brandstofceltechniek in werktuigen is nog meer onzekerheid. De (nu nog) kwetsbare techniek en dure waterstof lijken adoptie in de komende vijf jaar in de weg te zitten. Daarnaast zijn er zorgen over een veilige inzet van waterstofmaterieel. Waterstof als brandstof voor een aggregaat heeft mogelijk meer kans. Een aggregaat kan strategischer geplaatst worden op een bouwplaats zodat de invloed van stof, zand of andere vervuiling op de brandstofcel minimaal is. Als de prijs van waterstof genoeg daalt, kunnen

waterstofaggregaten een interessante optie zijn voor bouwprojecten waar een (tijdelijke) aansluiting niet mogelijk is. Partijen als Bredenoord en Volta energy springen hier alvast op in en hebben nu al waterstofaggregaten in hun aanbod.

Aggregaten op alternatieve brandstoffen

Ondanks dat er geen extra CO₂ wordt uitgestoten in de keten is een aggregaat op alternatieve brandstof op locatie geen ZE oplossing. Toch is het voor bepaalde projecten buiten Natura 2000-gebieden een oplossing als er geen netaansluiting geregeld kan worden. Alternatieve brandstoffen kunnen bijvoorbeeld biogas of HVO zijn. Dieselaggregaten kunnen een laatste redmiddel zijn om lokale uitstoot te verminderen; een aggregaat gaat veel efficiënter om met brandstof en draait alleen als er energie gevraagd wordt.

Vliegwiel

Een vliegwiel kan elektrische energie omzetten in kinetische energie (beweging) en vice versa. Een vliegwiel is ideaal voor applicaties die kortstondig (10 – 120 seconden) een hoog vermogen nodig hebben, maar ook een groot deel van de tijd weinig of niks vragen. Een torenkraan is hier een perfect voorbeeld van. Voor het hijsen van een betonelement naar een verdiepingsvloer is kortstondig veel vermogen nodig, maar de rest van de tijd is het verbruik minimaal. Een vliegwiel kan hiermee ideaal ingezet worden voor peak-shaving. Een eerste prototype van Quintec Energy heeft al succesvol op een Nederlandse bouwplaats gedraaid.

Bijlage 6: Uitgangspunten vervangingstermijn en instroom elektrische mobiele werktuigen

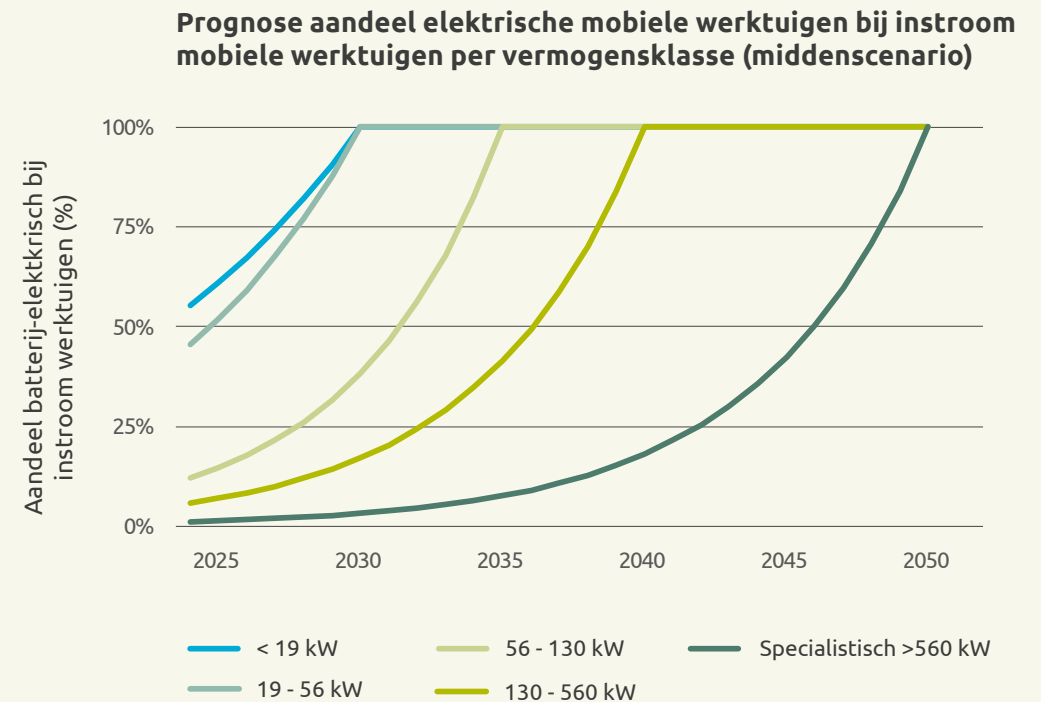
Vermogensklasse/ categorie	Aantallen (2024)	Aandeel CO ₂ -uitstoot	Laag		Midden		Hoog	
			Gemiddelde vervangings- termijn (jaren)	100% ZE instroom	Gemiddelde vervangings- termijn (jaren)	100% ZE instroom	Gemiddelde vervangings- termijn (jaren)	100% ZE instroom
< 19 kW	76.100	10%	12	2032	11	2030	9	2028
19 - 56 kW	40.900	13%	13	2032	12	2030	10	2028
56 - 130 kW	27.400	27%	14	2041	13	2035	11	2030
130 - 560 kW	13.900	45%	17	2045	15	2040	12	2035
Specialistisch > 560 kW	600	5%	25	75% in 2050*	23	2050	20	2045
Bestelauto's	256.000	-	15	> 2050	15	2037	15	2033
Trucks (N2 & N3)	21.300	-	12	> 2050	12	2044	12	2042

Tabel 5: Uitgangspunten vervangingstermijn en instroom elektrische mobiele werktuigen.

*Specialistisch materieel maakt deels ook gebruik van andere oplossingen, zoals waterstof.

Bijlage 7: Instroom aandeel elektrische mobiele werktuigen per scenario

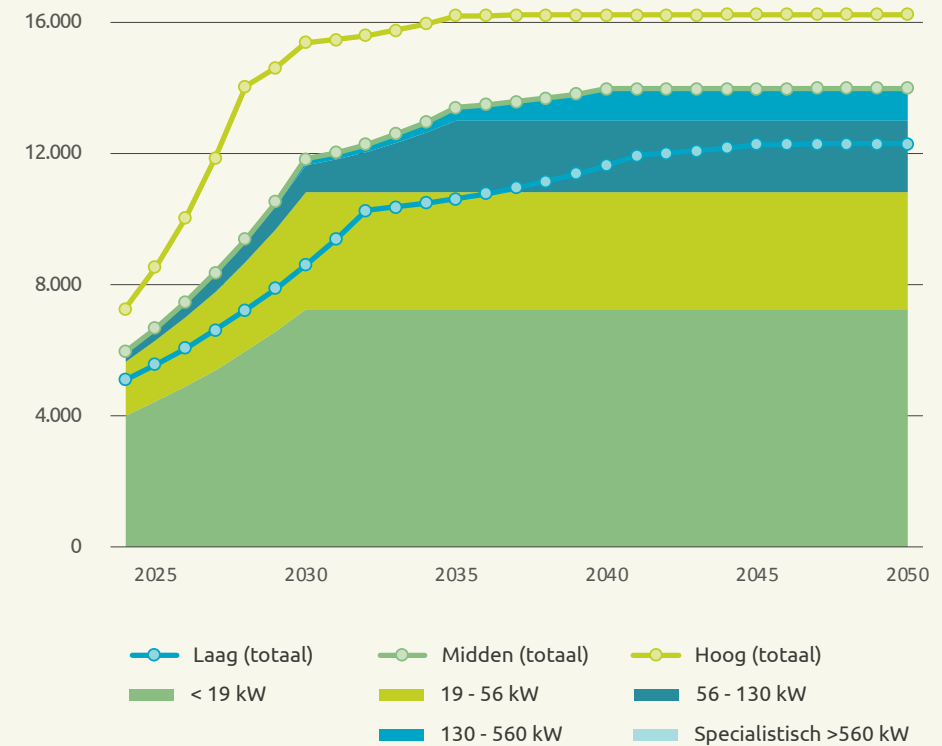
Figuur 15 toont de ingroeipaden van elektrische mobiele werktuigen per vermogensklasse. Over het algemeen gaat de elektrificatie van het lichter materieel (vermogensklasse tot 56 kW) sneller plaatsvinden in vergelijking met zwaarder specialistisch materieel.



Figuur 15: Prognoses instroom aandeel elektrische mobiele werktuigen.

Bijlage 8: Instroom aantal elektrische mobiele werktuigen per scenario

Figuur 16 geeft een overzicht weer van de instroom (middenscenario) van elektrisch mobiele werktuigen per vermogensklasse en per jaar. Ook voor het laagscenario (oranje lijn) en hoogscenario (donkere lijn) is de totale instroom per jaar weergegeven. De aanname in de variatie aan vervangingstermijnen resulteert ook in andere hoeveelheden bij de instroom van werktuigen per scenario. In het laagscenario is de instroom lager dan in het middenscenario en hoogscenario. Dit komt door de langere vervangingstermijnen van de mobiele werktuigen.



Figuur 16: Prognose instroom aantal elektrische mobiele werktuigen.

Bijlage 9: Uitgangspunten groeiscenario's elektrische mobiele werktuigen

	Laag (huidig)	Midden	Hoog
Instroom mobiele werktuigen	De instroom blijft tot 2030 beperkt tot mini en licht materieel en elektrische ombouwmachines.	Instroom mini en licht materieel blijft sterk groeien. Instroom middel-zwaar en zwaar komt op gang.	Mini en licht materieel wordt enkel nog ZE verkocht. Sterke groei middel-zwaar en zeer groot materieel.
Fabrikanten	Fabrikanten stellen af-fabriek elektrische machines vanaf vermogensklasse middelzwaar uit tot na 2030. In vermogensklassen licht/mini groeit het aanbod niet. Ombouwers kunnen niet opschalen om de transitie te kunnen faciliteren. Mini/licht materieel is beschikbaar, maar (te) duur.	Diverse fabrikanten hebben rond 2030 een volledig elektrisch aanbod beschikbaar in Nederland, in ieder geval voor mini/licht. Ombouwende partijen kunnen opschalen voor (middel)zwaar materieel om aan de vraag te voldoen.	OEM's schalen op naar serieproductie voor 2030 en er zijn nieuwe spelers in de vermogensklassen middelzwaar en zwaar (disruptors zoals Tesla).
Batterijen	Er vindt beperkte opschaling plaats bij grondstofwinning en productie van batterijen. We zien een minder snelle daling van batterijpakketprijzen, waardoor volledige inzet elektrisch bouw materieel niet kostencompetitief is.	De huidige trend van de daling van de batterijpakketprijzen zet door, waardoor batterijen goedkoper worden en/of meer capaciteit per materieelstuk mogelijk is. Eén op één vervanging van diesel/benzinematerieel (uitgezonderd zwaar/specialistisch) voor een volledige werkdag is mogelijk.	De grondstofwinning en productie van batterijen worden sneller opgeschaald, innovaties komen sneller op de markt. Dit leidt tot hogere energiedichtheid per kilogram. Vervanging van diesel/benzinematerieel voor elektrisch bouw materieel is in zo goed als alle situaties mogelijk en betaalbaar.
Beleid	- De stimuleringsmaatregelen voor elektrisch materieel worden uitgekleeft. - Het minimumniveau van het SEB is de ambitie. - Er zijn geen extra incentives vanuit opdrachtgevers voor inzet van ZE materieel.	- Stimuleringsmaatregelen zoals SSEB worden voortgezet. - Het basisniveau van het SEB is het referentiekader. - Enkele opdrachtgevers realiseren een ambitieuzer ingroeipad dan het SEB. - Het aantal ondertekenaars van het SEB groeit. - Vanaf 2030 is voor mini en licht 100% ZE de norm. Andere vermogensklassen groeien later in waarbij er in 2030 een duidelijk omslag is.	- Stimuleringsmaatregelen worden uitgebreid - Stikstofmaatregelen en de arbeidsinspectie dwingen om ZE in te zetten en opdrachtgevers betalen hiervoor. - Opdrachtgevers volgen op grote schaal een eigen ingroeipad wat ambitieuzer is dan het SEB. - Extra inzet ZE materieel wordt financieel gezien de moeite waard voor opdrachtnemers. - Conform o.a. SEB ingroeipaden is vanaf 2028 voor mini en licht 100% ZE de norm. Vanaf 2030 is alles ZE met enkele uitzonderingen.
Net- & laadinfrastructuur	Netcongestie treft de bouw nog meer en langer, waardoor aansluitingen niet meer mogelijk zijn. Mitigerende maatregelen zijn te duur of kunnen niet voorzien in de laadbehoefte. Wanneer er wel wordt geladen, gebeurt dat op de reguliere manier met innovatieve uitzonderingen. Niet alle laadinfrastructuur is beschikbaar op de juiste plekken.	Opdrachtgevers, opdrachtnemers en netbeheerders werken samen om tijdig aansluitingen te regelen waar nodig. Mitigerende maatregelen, zoals flexibele contractvormen, laden bij de burens en cable pooling, bieden extra mogelijkheden om in tijden van energieschaarste toch capaciteit te krijgen. Laadinfrastructuur kan op de juiste plekken gerealiseerd worden.	Opdrachtgevers, opdrachtnemers, netbeheerders en marktpartijen werken samen om aansluitingen te regelen, laadhubs uit te rollen, mitigerende maatregelen te standaardiseren en alternatieven mogelijk te maken.
Resultaat	De realisatie van het SEB minimumniveau komt later op gang dan beoogd, waarmee de ambitie mogelijk niet gehaald wordt. De ingroei van emissieloos bouw materieel is conform de realisatie van het SEB, waarbij dan alleen de vermogensklassen mini/licht emissieloos zijn.	Het SEB minimumniveau wordt gerealiseerd conform tijdslijnen en er zijn enkele koplopersprojecten. Bovendien wordt het SEB uitgebreid met ondertekenaars. De ingroei van emissieloos bouw materieel is gelijk of gaat iets sneller dan het SEB minimumniveau, in meerdere vermogensklassen.	Het basisniveau van het SEB wordt gerealiseerd en er zijn meerdere koplopersprojecten, zowel in als buiten de SEB kaders. De ingroei van emissieloos bouw materieel gaat sneller dan het SEB basisniveau en voorziet in de behoefte van ambitieuze koplopers om snel emissieloos op te schalen.

Tabel 6: Uitgangspunten groeiscenario's elektrische mobiele werktuigen.

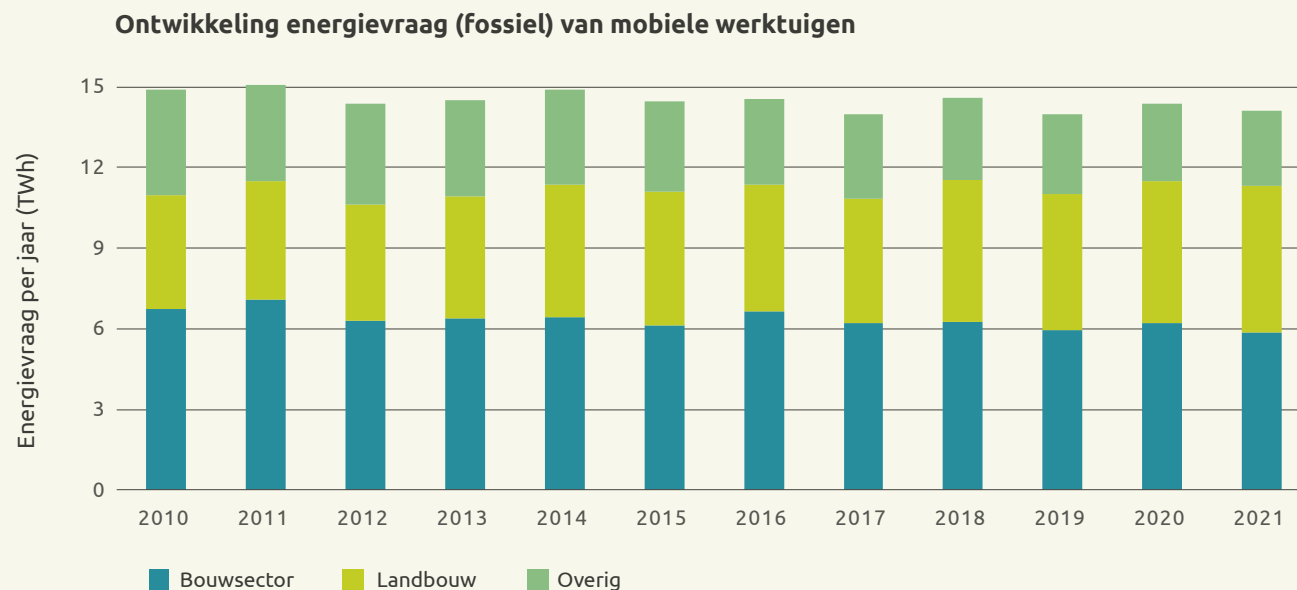
Bijlage 10: Ontwikkeling energievraag mobiele werktuigen en bepaling van de elektriciteitsvraag

De huidige energievraag (ruim 50 PJ, oftewel 14 TWh) van mobiele werktuigen bestaat voor 95% uit dieselverbruik. 42% van deze energievraag is afkomstig van mobiele werktuigen die worden ingezet in de bouwsector, 38% in de landbouwsector en de resterende 20% door overige inzet, zoals industrie en huishoudens. Het energieverbruik binnen de bouwsector blijft in de afgelopen jaren vrij stabiel op ongeveer 6 TWh per jaar, zie ook figuur 17.

In dit onderzoek hebben we de elektriciteitsvraag van mobiele werktuigen als volgt vastgesteld:

- 1 liter diesel (dominante energiebron op dit moment) bevat omgerekend 10 kWh aan energie.
- Bij elektrificatie hebben we per te vervangen liter diesel 4 kWh elektriciteit nodig in plaats van 10 kWh door efficiëntere omzetting van de elektromotor.
- Dus met andere woorden we hebben te maken met een efficiëntiefactor van 0,4 (4/10).

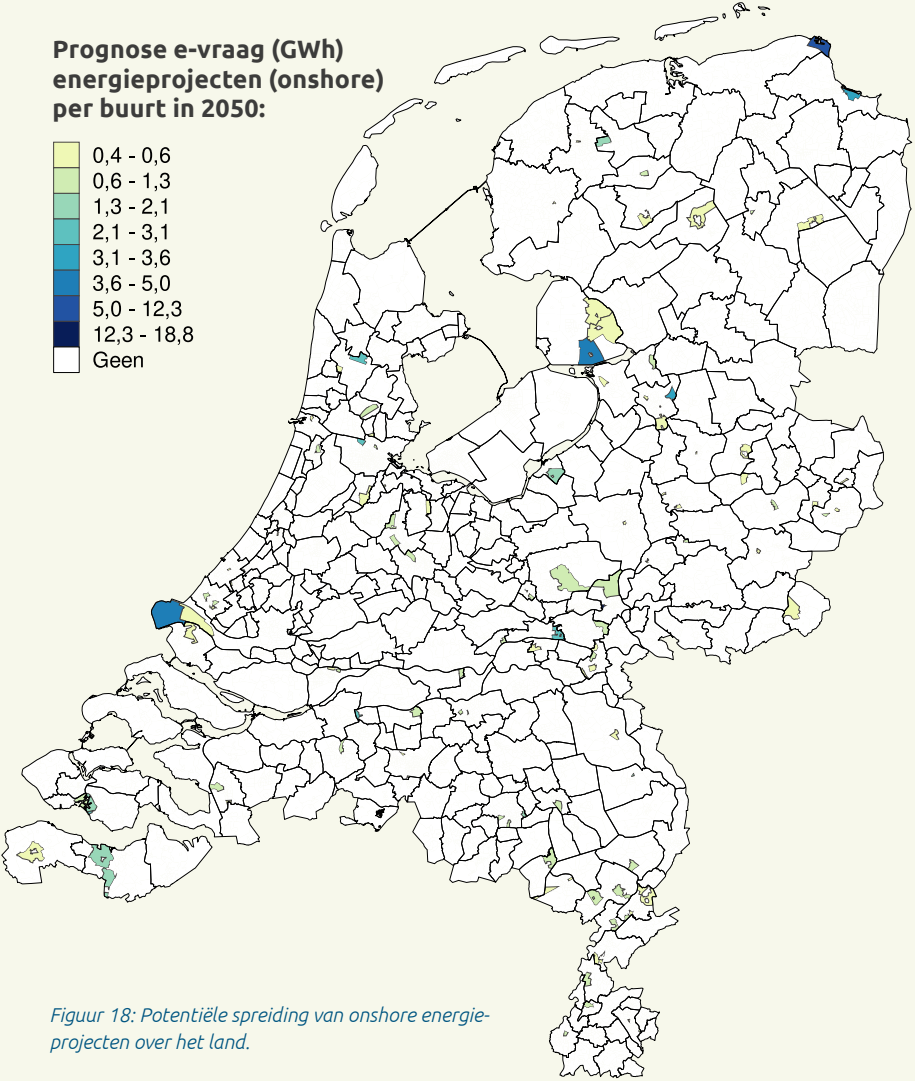
Bij volledige elektrificatie van alle mobiele werktuigen in de bouwsector hebben we dus straks 5,9 TWh (huidige verbruik) * 0,4 (efficiëntiefactor) = 2,4 TWh aan elektriciteitsvraag per jaar.



Figuur 17: Ontwikkeling energievraag (fossiel) van mobiele werktuigen (PBL, 2023).

Bijlage 11: Transitiepad energie

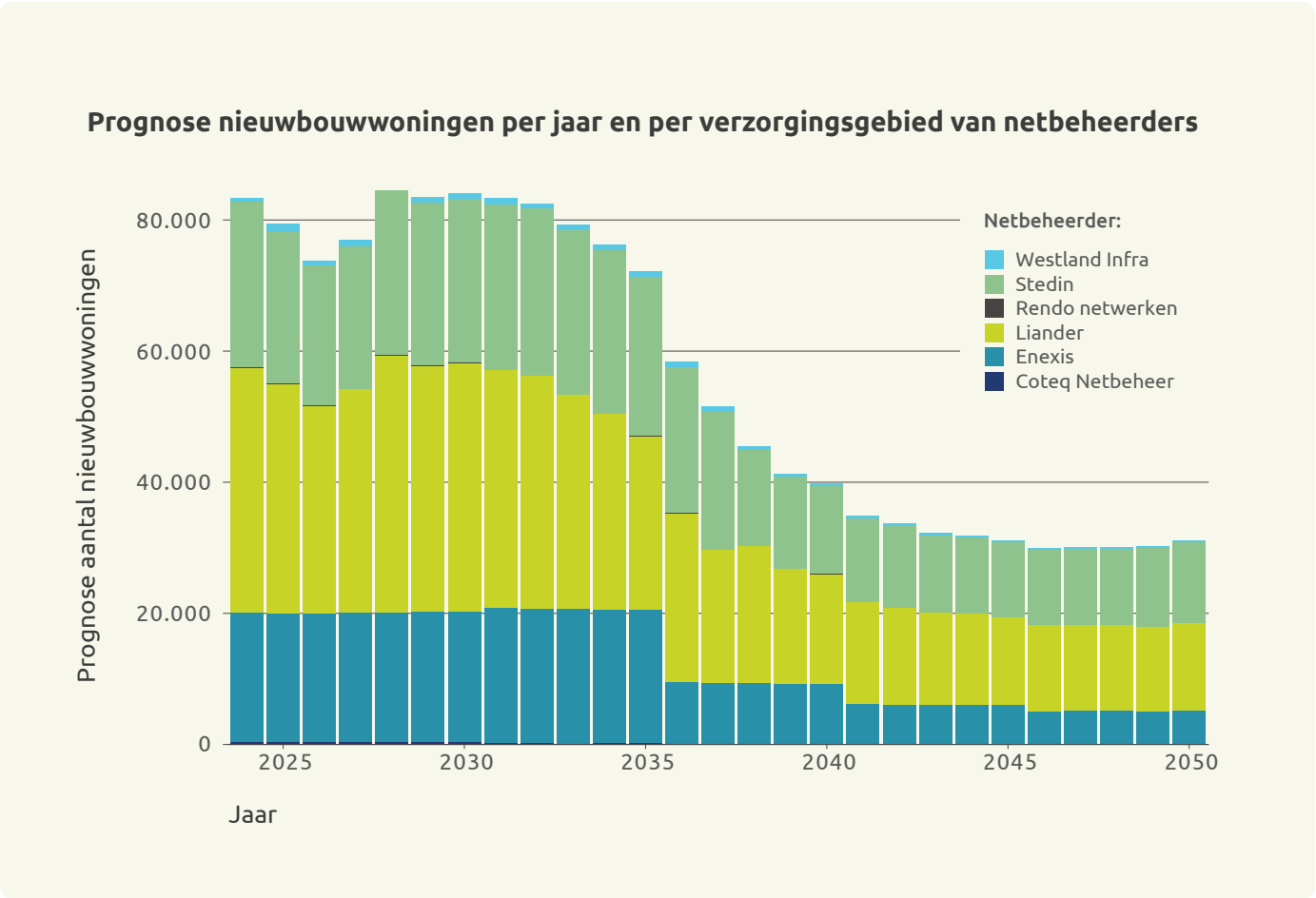
Bij het transitiepad energie vindt meer dan 70% van de projecten op land plaats. Figuur 18 geeft een mogelijke indicatie van de verdeling van de elektriciteitsvraag over het land. Deze verdeling is gebaseerd op beoogde projecten van Tennet, waarbij men emissieloos wil werken aan de energieprojecten.



Figuur 18: Potentiële spreiding van onshore energieprojecten over het land.

Bijlage 12: Prognoses nieuwbouwwoningen

Figuur 19 toont de prognoses voor nieuwbouwwoningen per verzorgingsgebied van netbeheerders. Naar verwachting worden er tot en met 2035 tussen de 70.000 en 80.000 nieuwbouwwoningen per jaar gerealiseerd. Vanaf 2036 dalen de prognoses naar ongeveer 30.000 in 2050.



Figuur 19: Prognose nieuwbouwwoningen t/m 2050 (analyse netbeheerders op basis van PRIMOS data, 2024).

Bijlage 13: Prognose vermogensvraag elektrische mobiele werktuigen t/m 2050

Op basis van praktijkdata hebben we de prognose van de elektriciteitsvraag gecombineerd met inzichten uit gemiddelde laadprofielen om een inschatting te maken van de benodigde vermogensvraag per jaar in de bouw.

Figuur 20 toont de prognose van de vermogensvraag van elektrische mobiele werktuigen tot en met 2050. De vermogensvraag van woningbouw, utiliteitsbouw en weg, dijk en spoor is daar bij elkaar opgeteld. Deze vermogensvraag is gebaseerd op het verwachte piekmoment om 17:00 uur bij een gemiddeld laadprofiel in de bouw.

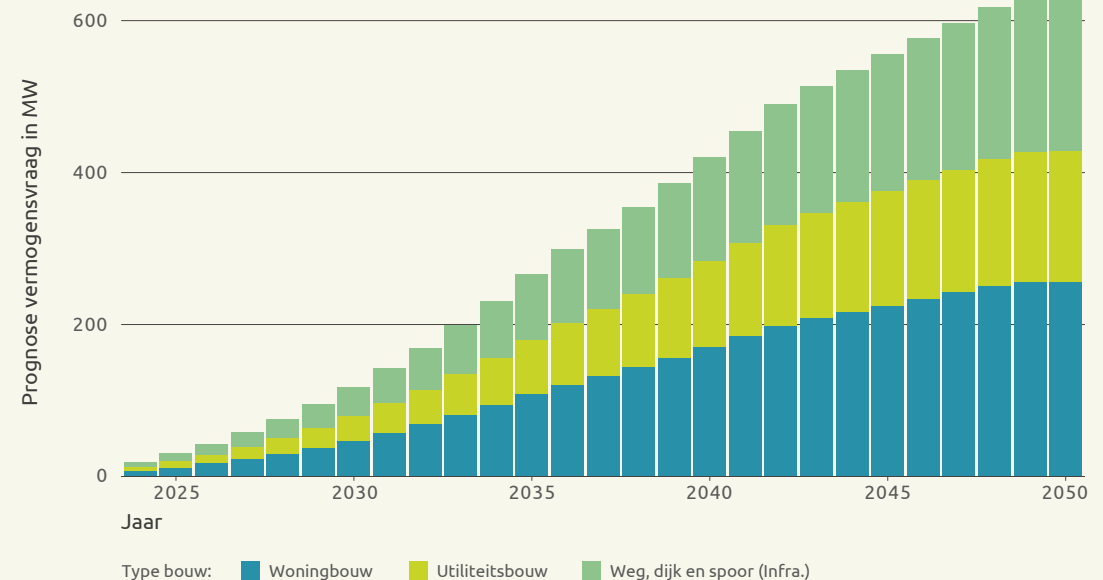
Rekenvoorbeeld

Aan de hand van een rekenvoorbeeld voor woningbouw in 2050 laten we zien hoe we de vermogensvraag hebben bepaald:

- In 2050 verwachten we een totale elektriciteitsvraag van 895 GWh, oftewel 895.000 MWh voor woningbouw.
- Dit komt neer op een verwachte elektriciteitsvraag van 3.429 MWh per werkdag (895.000 MWh / 261 werkdagen per jaar).
- Op het piekmoment wordt naar verwachting 1,87% van de elektriciteitsvraag afgenomen (op basis van het voorbeeldprofiel in figuur 10).
- Op dat moment bedraagt de totale elektriciteitsvraag 64,1 MWh ($0,0187 * 3.429$ MWh).
- Deze elektriciteitsvraag resulteert in een vermogensvraag van 257 MW (elektriciteitsvraag * 4, conversiefactor van elektriciteitsvraag naar vermogensvraag).

In werkelijkheid zal de vermogensvraag enigszins variëren per transitiepad en per bouwphase. Daarnaast zal de gekozen laadstrategie bepalend zijn wat voor vermogensvraag er nodig is per bouwlocatie. Naarmate er meer meetdata beschikbaar komt, kunnen we meer specifieke profielen vaststellen voor de bouw.

Prognose vermogensvraag elektrische mobiele werktuigen per jaar (middenscenario)



Figuur 20: Prognose vermogensvraag tot en met 2050 (middenscenario).

Colofon

ElaadNL team Markontwikkeling

Nazir Refa, Daan Hammer, Flip Oude Weernink,
Jeroen Janssen, Henny Xu, Paul Broos, Peter Markotic,
Tim van 't Wel, Thomas Bos en Rutger de Croon.

Bij de totstandkoming van deze Outlook heeft ElaadNL samengewerkt met de werkgroep Prognoses van de Nationale Agenda Laadinfrastructuur, provincies en gemeenten. Deze Outlook is mede tot stand gekomen door het Green Transport Delta – Elektrificatie (GTD-E) project, met RVO als subsidieverstrekker.

Met dank aan:

- | | | | | |
|----------------------|----------------------|---|--------------------------|---------------------------------|
| • BMWT | • Gemeente Utrecht | • NRG | • Staat | • Van Werven Infra en Recycling |
| • Bouwend Nederland | • Heijmans | • Programmabureau Schoon & Emissieloos Bouwen | • Strukton | • VolkerWessels |
| • Cumela | • ING | | • TenneT | • Wathhub |
| • EIB | • KOMAT Adviesgroep | • ProRail | • TNO | |
| • ENI | • Mijnaansluiting.nl | • Rijkswaterstaat | • Topsector Logistiek | |
| • Gemeente Amsterdam | • Ministerie van I&W | • RVO.nl | • TwynstraGudde | |
| • Gemeente Arnhem | • Movares | • SMT | • Unie van Waterschappen | |