

Machines doen het goed, beloning en laden zijn de uitdagingen

EVALUATIE STAAD-PROJECT PROEFTUIN ELEKTRISCHE MACHINES VOOR DE BOUWPLAATS VAN MORGEN

Tekst: Gert Vreemann
Foto's: Staad

De monitoring van zeven elektrische Staad Electric-graafmachines - zes mobiele DX165W-graafmachines en één DX355LC-rupsgraafmachine - geeft een helder inzicht in de dagelijkse praktijk en in de kostprijs. De machines blijken probleemloos en kunnen ruim een dag op een batterijlading werken. Het in de praktijk laden en het doorberekenen van de hogere kostprijs zijn nog uitdagingen.

Dat Staad met de ontwikkeling en het in de markt zetten van volledig elektrische graafmachines destijds al flink de nek heeft uitgestoken, is alom bekend. Ook bekend is dat er bij aanvang de nodige scepsis in de markt was. Er zijn in onze sector echter ook ondernemingen die als koplopers kansen zagen en hun nek uitstaken. Naast het in de markt zetten van de machines heeft Staad in samenwerking met de RVO meteen met zeven gebruikers het project Proeftuin elektrische machines opgezet om de machines te monitoren en ervaringen te delen om zo samen verder te komen. Dat gebeurde in het kader van De Bouwplaats van Morgen. Denk hierbij niet alleen aan

het werken van de machines zelf en het (wel)bevinen van de machinist, maar ook aan het laden of wisselen van batterijen, de juridische zaken en de kostprijs. Daarbij is TNO als partner ingeschakeld voor het monitoren en testen en FIER Sustainable Mobility voor het projectmanagement en de doorrekening van de resultaten.

PRIMA MACHINES

De machines bleken in de dagelijkse inzet voor de verschillende werkzaamheden prima te voldoen. Je verwacht bij prototypes eerst nog kinderziekten, maar er werden amper storingen en onvolkomenheden gemeld. Verder doen ze het in het werk ook prima. Bij de gebruikers zijn de machines ingezet voor de werkzaamheden zoals we die in onze sector uitvoeren. Dat varieert van het laden van dumpers en vrachtwagens tot het nivelleren, het scharrelwerk op infraprojecten, het slotenwerk en het nodige mobiele rijwerk. Zoals inmiddels bekend reageren de machines wat directer dan de dieselvarianten en zijn ze stiller. In de praktijk kun je er dezelfde werkzaamheden mee uitvoeren als met de dieselvariant. Daarmee is dit punt eigenlijk snel afgehandeld.

MINIMAAL ACHT UUR DRAAIEN

Over de inzetduur van de machine zijn de gebruikers helder. Hoewel je de batterijen kunt verwisselen, moet de machine minimaal acht uur kunnen

'VOOR ELKE LITER DIESEL VERBRUIKEN DE ELEKTRISCHE MACHINES 4,1 KWH STROOM'



Batterijpakketten verwisselen is nodig als de laadcapaciteit ter plekke onvoldoende is of als er in 24-uurs-shifts wordt gedraaid. De aanschaf van een extra Powerbox en de bijbehorende logistiek zijn kostprijsverhogend.



OPZET PROJECT PROEFTUIN ELEKTRISCHE MACHINES

Dit project is uitgevoerd door De Bouwplaats van Morgen, een samenwerking van Staad voor ontwikkeling. TNO is ingezet om de machines te monitoren en om een vergelijkingstest uit te voeren. FIER Sustainable Energy heeft het TCO-rekenwerk begeleid. Bedrijven die de machines in de praktijk testen, zijn J. Veldhuizen BV in Westbroek, Gebr. Van den Brand en Van Oort BV in Uden, Boomrooierij Weijtmans in Udenhout, Gebr. Coremans in Breda, W. Huijbregts in Zundert, Van der Zanden in Moergestel en Janssen in Maastricht. In totaal ging het om zes mobiele DX165W Electric-graafmachines en om één DX355 LC Electric-rupsgraafmachine. In totaal hebben de machines ongeveer twaalfenhalf draai-jaren aan data verzameld. De machines zijn tussen voorjaar 2022 en zomer 2023 geleidelijk uitgeleverd. Tussentijds zijn de machines geüpdatet met de grotere 400-kWh batterijpakketten ter vervanging van de eerste 140-kWh-batterijpakketten.

DE AANSCHAF-SUBSIDIES RESULTEREN NIET IN EEN VERGELIJKBARE TCO VOOR DE ELEKTRISCHE GRAAFMACHINE

draaien zonder batterijwissel of bijladen, simpelweg omdat het tussentijds opladen of wisselen van batterijpakketten (door Staad Powerboxen genoemd) in de dagelijkse werkpraktijk niet past. Dit lukte meestal net niet met de eerste serie mobiele DX165W Electric-versies, destijds uitgerust met twee 140-kWh-batterijpakketten. Staad heeft al vrij snel zwaardere 400-kWh batterijpakketten (volgens opgave netto 384 kWh) ontwikkeld, waarvan er één in de mobiele graafmachine zit en twee in de rupsgraafmachine. Daarmee blijf je in de praktijk tien tot dertien uur vol te kunnen maken. Dat komt overeen met de monitoring van TNO. Daaruit blijkt dat de mobiele graafmachines en de rupsgraafmachine bij de dagelijkse inzet afgerond 25 procent van het beschikbare motorvermogen gebruiken, bij een gerealiseerde inzet van gemiddeld 7,9 uur per dag. Dat gaf een praktijkverbruik van gemiddeld 156 kWh (bij 6,6 uur) bij sloopwerk en tot 228 kWh (bij 8,1 uur) bij GWW-werk. Dat komt overeen met de praktijkervaringen dat je aan het eind van de dag na acht uur werken zo'n 35 tot 45 procent batterijcapaciteit over hebt bij de 400-kWh-batterijpakketten. Daarmee is aan deze eis in de praktijk ruimschoots voldaan. Het

blijkt ook goed mogelijk om - met het batterijwisselsysteem - dubbele diensten te draaien.

LADEN GROTE UITDAGING

Bij de mobiele graafmachines kun je naar een laadpunt rijden, bij de rupsmachine is de actieradius beperkt tot op het werk zelf. Sprekend is dat veel gebruikers vaak één extra 400-kWh-Staad Powerbox aanschaffen. Die zetten ze in om te wisselen of om ter plekke bij te laden. Dat kan namelijk met de Powerboxen. Daarna kan de lege Powerbox op de bouwplaats of elders, bijvoorbeeld aan de zaak, weer worden opgeladen. Je moet als transporteur van de Powerboxen wel ADR hebben. Dat maakt het volgens de gebruikers onnodig ingewikkeld, omdat niet iedereen ADR heeft. De netaansluiting op de bouwplaats moet volgens de gebruikers voldoende zwaar zijn om de machines 's nachts (en eventueel Powerboxen overdag) op te laden. Er wordt uitgegaan van minimaal twee keer 22 kW (AC) 64A voor voldoende laadcapaciteit. Je kunt de Powerboxen AC laden (in de graafmachine) dankzij de omvormer in de Powerboxen. DC is altijd een snellere optie. Bijna iedereen heeft daarom een 40-kW-DC-snellader. Hiermee kun je de losse Powerbox opladen. Hiermee red je het om een machine in de nacht op te laden.

De uitdaging ligt hem er vooral in om meerdere machines tegelijk op te laden. In de praktijk blijkt de oplaadcapaciteit hiervoor lang niet altijd beschikbaar. Dan zul je dus met de mobiele graafmachine of met de Powerboxen naar een ander laadpunt of naar de thuisbasis moeten om ze op te laden. Operationeel kost dat extra inspanningen en tijd en dus geld.

De prijs van het laden varieert in de praktijk sterk, afhankelijk van de laadmogelijkheden. Volgens de gebruikers ligt die grofweg tussen € 0,20 en € 0,70 per kWh. Hierbij is gekeken naar de range van de kosten van het laden zoals deze in de praktijkervaringen naar voren zijn gekomen. Uitschieters van

'DE UITDAGING ZIT HEM ER VOORAL IN OM MEERDERE MACHINES TEGELIJK OP TE LADEN'



Een goede netaansluiting op de bouwlocatie zou een uitgangspunt moeten zijn. Dat is niet zo en de beschikbare laadcapaciteit van twee keer 22 kW kan bij lange werkdagen kritisch worden. Thuis laden is het meest aantrekkelijk.



PRAKTIJKPROEF DIESEL VERSUS ELEKTRISCH

TNO heeft een vergelijkingsonderzoek diesel versus elektrisch uitgevoerd. Daarbij zijn de mobiele zestientons elektrische machine en de veertigtons elektrische rupsgraafmachine in de praktijk vergeleken met even zware dieselversies. TNO heeft de machines voorzien van meetapparatuur en praktijktesten uitgevoerd, zoals koud stationair laten lopen, een dumper volladen, een sloot graven en dichtgooien, een grondvak van 25 bij 25 meter nivelleren, rond rijden in de tweede versnelling (alleen mobiele machine) en stationair laten draaien. De vermogensbehoefte van de mobiele graafmachine varieerde van 38 tot 41 kW bij de werkzaamheden (dumper laden, sloot graven, nivelleren, rondrijden) en 2,2 kW bij stationair draaien. De rupsgraafmachine scoorde 59 kW voor het laden van de dumper, 70 kW voor het nivelleren en het sloot graven en stationair scoorde deze 1,2 kW. In energiebehoefte scoorde de mobiele graafmachine 4,09 kWh elektriciteit per liter diesel en de rupsgraafmachine 4,14 kWh. De NOx-uitstoot bedraagt 0,527 gram per kWh voor de mobiele machine en 1,5 gram per kWh voor de rupsgraafmachine. De CO₂-besparingen zijn ook bekend. Dit hangt natuurlijk af van het aandeel hernieuwbare energie en het in dit geval niet meerekenen van de CO₂-behoefte van de productie van de batterijen. Bij volledig gebruik van hernieuwbare energie voor het laden scoorde de mobiele graafmachine een besparing van zeventien kilo CO₂ per draaiuur en de rupsgraafmachine 28 kilo.

de kosten van het laden tot € 2,50 per kWh komen incidenteel voor. Dat heeft mede te maken met de kosten van de aanschaf van (zware) laadcontainers. De kosten van het laden zijn met een netaansluiting aanzienlijk lager. De prijs hangt dan af van je contract en de (eigen) energievoorziening via eigen zonnepanelen of windmolens.

KOSTPRIJS BEDUIDEND HOGER

Dat brengt ons bij de uitgevoerde berekeningen van de TCO (total cost of ownership) in de eindrapportage van het project. De conclusies voor de mobiele graafmachines en de rupsgraafmachine zijn helder. De TCO van de elektrische graafmachine is volgens dit project maar liefst 41,8 procent hoger dan die van de dieselmachine. De rupsvaariant scoort 34,3 procent hoger dan de dieselmachine. Het grootste verschil tussen de kostenposten van de twee TCO's (mobiel en rups) ten opzichte van die van de dieselvarianten zijn

de afschrijvingskosten (zie kader kostprijsberekening). Hoewel de aanschafsubsidies en de restwaarde daarin zijn verrekend, zijn de kosten meer dan het dubbele. Dit geeft in de rapportage van het project de heldere conclusie dat de aanschafsubsidies niet resulteren in een vergelijkbare TCO voor de elektrische graafmachine ten opzichte van de dieselvariant. Dat de rupsgraafmachine in de berekeningen minder ongunstig scoort, is volgens het onderzoek hoofdzakelijk te verklaren door gunstiger energieverbruikskosten van de rupsgraafmachine. Voor de kosten van het laden is in deze TCO-berekening ook hier uitgegaan van € 0,35 per kWh. Hierbij past wel de relativiserende

‘DE PRIJS VAN HET LADEN VARIEERT IN DE PRAKTIJK TUSSEN € 0,20 EN € 0,70 PER KWH, MET UITSCHIETERS TOT € 2,50’



De machines zelf draaien prima en houden zich goed. De gemiddelde belasting is ongeveer 25 procent van het totale netto motorvermogen. Daarmee kunnen ze ruimschoots een dag draaien zonder bijladen.



De rupsmachine scoort relatief lager in TCO, maar daar staat tegenover dat ze vanwege de mindere mobiliteit en een grotere accucapaciteit hogere eisen stellen aan het opladen.



Aan de voorwaarde dat de machine ruim een dag moet kunnen draaien op een batterijpakketlading is met de 400-kWh-accupakketten ruimschoots voldaan.

TCO-KOSTPRIJSBEREKENINGEN

De uitgangspunten voor de TCO-kostprijsberekening in het project zijn in overleg met de deelnemers en Staad als leverancier vastgesteld. Er is gerekend met acht jaar inzet en een verbruik van afgerond één liter diesel tegenover 3,8 kWh elektrisch verbruik. Verder is uitgegaan van € 0,35 per kWh voor het laden en € 1,75 per liter voor dieselolie. Er is gerekend met geactualiseerde 2024-prijzen voor de machines en de SSEB-subsidies voor 2024. De getallen zijn geïndexeerd voor de komende jaren. Rente-kosten zijn niet meegenomen in de berekening. Scan de QR-code voor het rapport.



opmerking in de rapportage dat in de praktijk blijkt dat de kosten van het laden van de rupsgraafmachine vaak hoger liggen in vergelijking tot de mobiele variant. Belangrijkste oorzaken hiervan zijn dat deze machine minder goed te verplaatsen is van en naar een laadpunt dan zijn mobiele broertje en dat de forsere energiebehoefte van deze zwaardere machine grotere eisen stelt aan de netaansluiting en de laadvoorziening. Hierdoor zijn vaak extra voorzieningen voor het opladen nodig, die een aanzienlijke impact hebben op de kosten van het laden.

HELDERE CONCLUSIES

Deze monitoring geeft met name voor de zestientons mobiele graafmachine vanwege het aantal van zeven deelnemers met diverse inzet een helder inzicht in hoe de machines het in de praktijk doen en waar de knelpunten liggen. De machines doen het goed en er is voor alle werkzaamheden meer dan acht uur op een batterijlading mee te draaien. Het verbruik is afgerond 4,1 kWh per liter dieselolie met de vergelijkbare dieselvariant. Het laden op locatie moet je vooraf goed regelen. De energieprijzen kan hoog zijn en ook geven onvoldoende laadmogelijkheden en laadcapaciteit op locatie extra kosten vanwege

REACTIE STAAD

- We hebben onze berekening (zie pagina hiernaast) en de kritiek op de rekenwijze van Fier ook voorgelegd aan Staad. Het bedrijf geeft aan waarom de uitgangspunten voor de berekening zo zijn gekozen.
- De post rente is niet meegenomen, omdat deze sterk fluctueert. Die is er daarom bij zowel elektrisch als diesel uit gelaten.
 - De dieselkosten zijn vastgesteld op een gemiddelde over acht jaar, waarbij is uitgegaan van een dieselprijs van € 1,75 per liter. De kosten per kWh elektriciteit zijn sterk afhankelijk van locatie en contractvoorwaarden, waardoor deze variabel zijn.
 - De subsidie wijkt af van de verwachte realiteit voor 2024. Hiervoor is gekozen omdat het subsidiebeleid van de overheid jaarlijks fluctueert. Er is daarom alleen een algemene indicatie opgenomen.
 - Voor het huidige model van de elektrische mobiele kraan van zestien ton is een extra batterijpakket niet noodzakelijk om een volledige werkdag van tien tot dertien uur te kunnen draaien. Daarom is dat niet meegenomen in de TCO-berekening.
 - De juiste conversiefactor voor het energieverbruik bedraagt 4,1 kWh per liter diesel.

het plaatsen van (eigen) laadcontainers en de logistiek die nodig is om elders stroom te halen. Er is gerekend met een stroomprijs van € 0,35 per kWh. De elektrische machines zijn in afschrijving volgens de TCO berekening in het rapport nog altijd een factor 1,3 (rups) tot 1,4 (mobiel) duurder. Met een mogelijk verdere afbouw van de subsidies kan dit gaan oplopen. Daartegenover wordt verwacht dat de elektrische machines op termijn in verhouding goedkoper zullen worden ten opzichte van diesels en dat de dieselolieprijzen kunnen oplopen. Blijft een feit dat we voorlopig een hoger uurtarief zullen moeten blijven doorberekenen om de hogere kosten van elektrisch werken te compenseren. De opdrachtgevers zijn aan zet om de meerprijs te betalen en de overheid om een dekkend laadnetwerk te realiseren. Aan de machines zal het niet liggen, want die zijn er klaar voor.

TCO-BEREKENING				
Machine	16-tons mobiele graafmachine		30-tons rupsgraafmachine	
	Elektrisch	Diesel	Elektrisch	Diesel
SSEB + Mia-aftrek	€126.000,-	-	€174.000,-	-
Jaarverbruik	50.000 kWh	13.158 l	90.000 kWh	23.684 l
KOSTEN (ACHT JAAR)				
Afschrijving	€418.000,-	€187.000,-	€574.000,-	€255.000,-
Energie	€152.072,-	€207.466,-	€273.730,-	€374.439,-
Verzekering	€48.967,-	€21.201,-	€67.327,-	€28.834,-
Onderhoud	€43.686,-	€51.579,-	€70.737,-	€76.659,-
Totaal	€662.725,-	€467.246,-	€965.794,-	€734.932,-