

VGR – Q2 2025

Versie 1.0 - Definitief



Verantwoording en documenthistorie

Projectnaam : Versterking Rijnkade
Documentnaam : 22v2276 - 5.8.08.10-VGR Q2 2025 - V0.1
Werkpakket : WPK-0030.06
Status : Definitief
Versie : V1.0
Datum : 14-07-2025

Opdrachtgever : Waterschap Rijn en IJssel en Gemeente Arnhem
Zaaknummer : 31142017

Opdrachtnemer : Combinatie SAMEN (Ballast Nedam - Hakkers - Van der Ven)
Projectnummer : 22v2276
Contactgegevens : P/a Van Heemstraweg 2 Postbus 13, 5306 ZG Brakel
Projectkantoor : Vossenstraat 6, 6811 BJ Arnhem

Verificatie			Goedkeuring	
Versie	Rol	Naam	Initialen	Datum
V1.0	Opstellen	Jos Kamphuis	JS	14-07-2025
	Collegiale toets	Elisa Stolwijk	ES	14-07-2025
	Combinatie toets	Jan Kohlmann	JK	14-07-2025
	Vrijgave	Barry Kooijman	BK	14-07-2025

Acceptatie				
	Geaccepteerd door OG			
Vrijgave document				
	Vrijgave			

Documenthistorie		
Versie	Datum	Aanpassingen t.o.v. de vorige versie
1.0	14-07-2025	Eerste versie

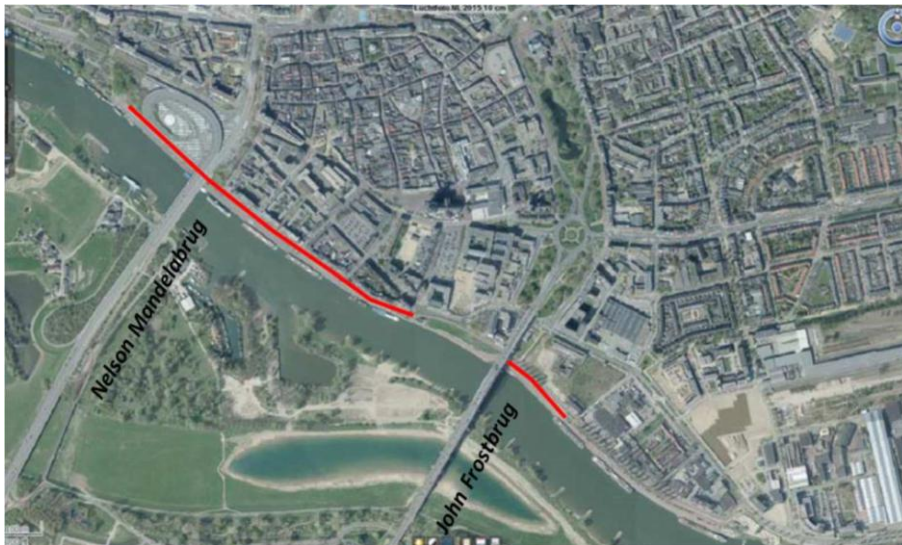
Inhoudsopgave

1	Omschrijving project	4
1.1	Projectbeschrijving	4
1.2	Document toelichting	5
1.3	Verificatie & validatie	5
1.4	Van toepassing zijnde documenten	6
2	Bouwplaats	7
2.1	Energieverbruik	7
2.2	Afwijkingen	9
3	Bouwlogistiek	11
3.1	CO ₂ uitstoot	11
4	Kwantitatief overzicht CO₂-emissie	13
5	Logboek duurzaamheidsmaatregelen	15
	Bijlagen	18
	Bijlage A – Rittenregistratie bouwlogistiek	19
	Bijlage B – Materieellogboek	20
	Bijlage C – Logboek verbruikscijfers	21

1 Omschrijving project

1.1 Projectbeschrijving

De Rijnkade in Arnhem is onderdeel van de primaire waterkering van dijkkring 47-1 en is in de derde toetsronde afgekeurd op het faalmechanisme Macrostabiliteit Buitenwaarts. Het te versterken traject van de Rijnkade heeft een lengte van circa 1,2 km en is met de rode lijn weergegeven in de Figuur 1-1. Het projectgebied loopt vanaf dijkpaal 11+20 t/m dijkpaal 24+10. Tussen dijkpaal 20+20 en dijkpaal 22+50 is een groene kade aanwezig, die geen onderdeel uitmaakt van het versterkingstraject.



Figuur 1-1 Locatie projectgebied

Op de bouwplaats wordt Zero emissie bouwmaterieel ingezet en in de bouwlogistiek worden een aantal maatregelen doorgevoerd met betrekking tot Zero Emissie transport en de inzet van biobrandstoffen. Binnen de sector (zo ook binnen het HWBP-programma) is het project Rijnkade Arnhem een koploperproject met betrekking tot emissiereductie.

1.2 Document toelichting

Deze voortgangsrapportage dient om aan te tonen dat de Werkzaamheden met betrekking tot CO2-reductie worden verricht conform onze Aanbieding. Dit document is de voortgangsrapportage 'emissieloos bouwen' welke elk kwartaal tijdens de realisatiefase aantoont dat de Werkzaamheden met betrekking tot CO2-reductie worden verricht, zodanig dat CO2-emissie wordt gereduceerd conform de Aanbieding [DB 070]. De prognose van de energiebehoefte op de bouwplaats is uitgezet tegen het daadwerkelijke energieverbruik. Daarnaast wordt de prognose van de uitstoot van de bouwlogistiek uitgezet tegen de daadwerkelijke uitstoot op basis van de rittenadministratie. Wijzigingen met betrekking tot de Aanbieding en de prognose worden gerapporteerd.

Overzicht van de aangeboden CO2-emissie [DB070a.]:	CO2-emissie:
Prognose in tenderfase van CO2-emissie indien traditionele uitvoering (Bouwcombinatie Samen).	1.447.930 kg CO2-eq
Contracteisen (VSP) Bouwplaats & Bouwlogistiek:	
➤ Toepassen zero emissie materieel cf. contracteisen VSP (bouwplaats en bouwlogistiek)	291.430 kg CO2-eq
Bouwplaats:	
➤ Toepassen EMVI-maatregelen = Emissieloos werken op de bouwplaats (reductie = 114.954 kg CO2-eq)	0 kg CO2-eq
Bouwlogistiek:	
➤ Toepassen bouwlogistiek & HVO100 cf Contracteisen DB090, DB100 (reductie = $176.476 * 0,91$)	15.883 kg CO2-eq

Bovenstaande geeft inzicht in wat er door Bouwcombinatie SAMEN is aangeboden en hoeveel CO2-emissie er wordt gereduceerd en hoeveel CO2-emissies er nog resteren. De aangeboden CO2-emissie opgebouwd uit contracteisen + EMVI-maatregelen = 15.883 kg CO2-eq. Zie Hoofdstuk 4 voor een nadere onderbouwing van de prognose van de CO2 uitstoot en verwachte CO2 reductie.

1.3 Verificatie & validatie

De functionele eisen zijn opgenomen voor de verschillende onderdelen binnen dit werk. Daarnaast zijn eisen afgeleid uit de Basisovereenkomst, de Vraagspecificatie, de Annexen, de Nota van Inlichtingen en de Plannen van Aanpak van ON en de informatieve documenten.

Alle eisen zijn verzameld en opgenomen in onze projectmanagement-tool Relatics, waarna de alle relevante eisen zijn gekoppeld. We leggen de verbinding tussen de contracteisen incl. EMVI-beloften en dit plan, door specifiek aan te geven aan welke contracteis wordt voldaan (eis; [eis-ID ON]). Betreffende eis-codes komen overeen met de gebruikte codes binnen Relatics. De van toepassing zijnde eisen voor deze VGR zijn opgenomen in onderstaande tabel

Eis-ID	Paragraaf
DB050	2.1
DB070	2.1
DB080	3.1
DB090	Bijlage A
DB100	2.2

1.4 Van toepassing zijnde documenten

De werkvoorbereiding en realisatie van de werkzaamheden zijn gebaseerd op onderstaande documenten.

Document nummer	Titel van document
BG8703-IB-RP-220111-0623	VSE Versterking Rijnkade Arnhem
28112479	VSP Versterking Rijnkade Arnhem
22v2276-5.8.1	Plan duurzame bouwplaats en bouwlogistiek

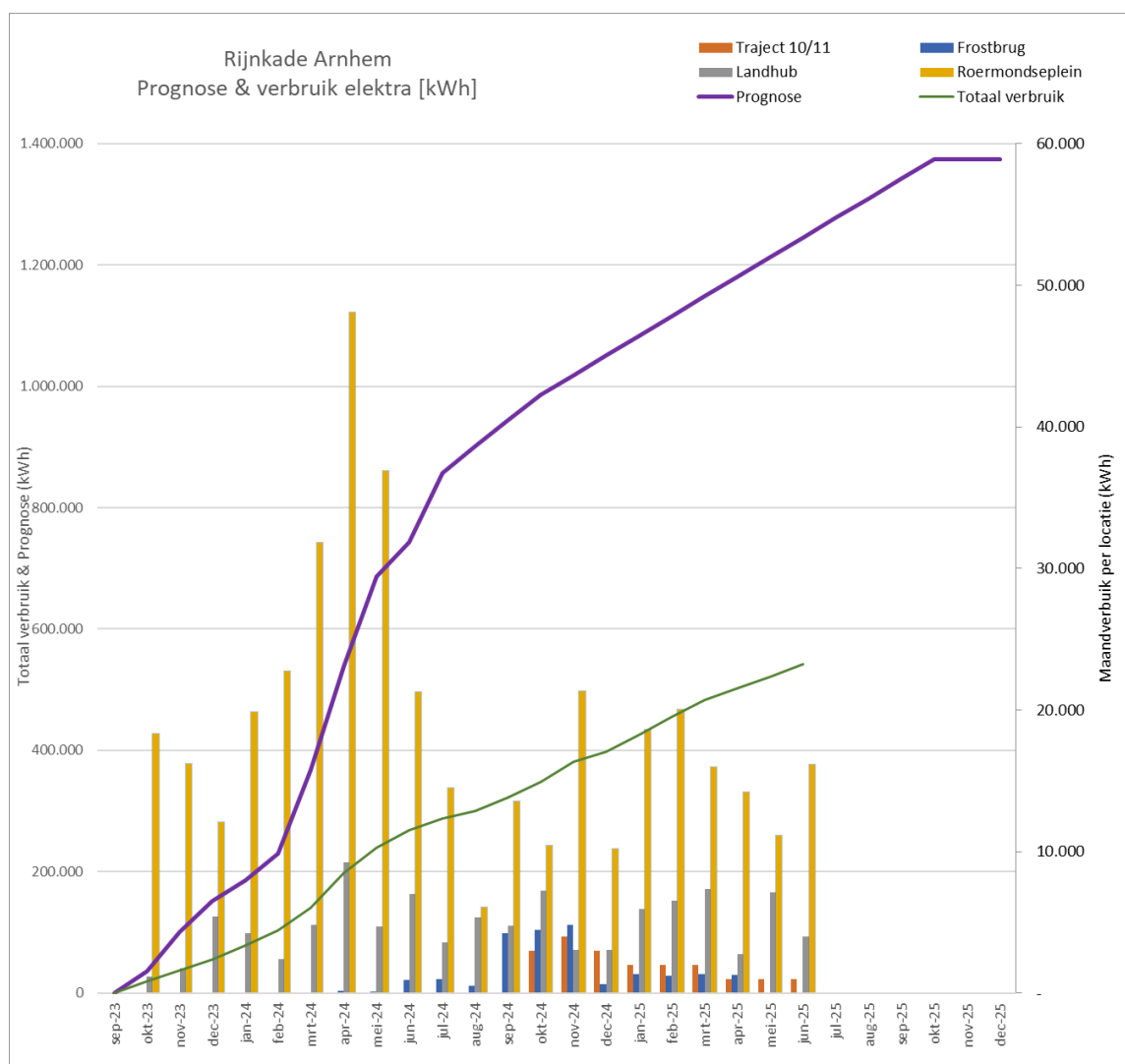
2 Bouwplaats

2.1 Energieverbruik

Conform eis [DB070] en [DB050] is , de prognose van het verwacht energieverbruik op de bouwplaats uitgezet tegen de daadwerkelijk energieverbruik op de bouwplaats. De prognose is gebaseerd op de tenderplanning en de energieberekening vanuit de tender. Het daadwerkelijke energieverbruik is gebaseerd op de metingen van de volgende energiebronnen.

- Inkoopstation Roermondsplein (2MVA), gemeten met de Kenter Meter
- Inkoopstation Frostbrug (1MVA), gemeten met de Kenter Meter
- Havendienst Arnhem (traject 10/11)
- Elektraverbruik landhub

De prognose en het daadwerkelijke energieverbruik is aangegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Prognose en werkelijk energieverbruik op de bouwplaats

Het tweede inkoopstation nabij de John Frostbrug was sinds Q2-2024 operationeel. Per 1 mei 2025 is het inkoopstation overgedragen aan de Gemeente Arnhem en derhalve niet meer in gebruik door de Bouwcombinatie Samen.

De meter op de landhub is operationeel en is opgenomen in de verbruikscijfers.

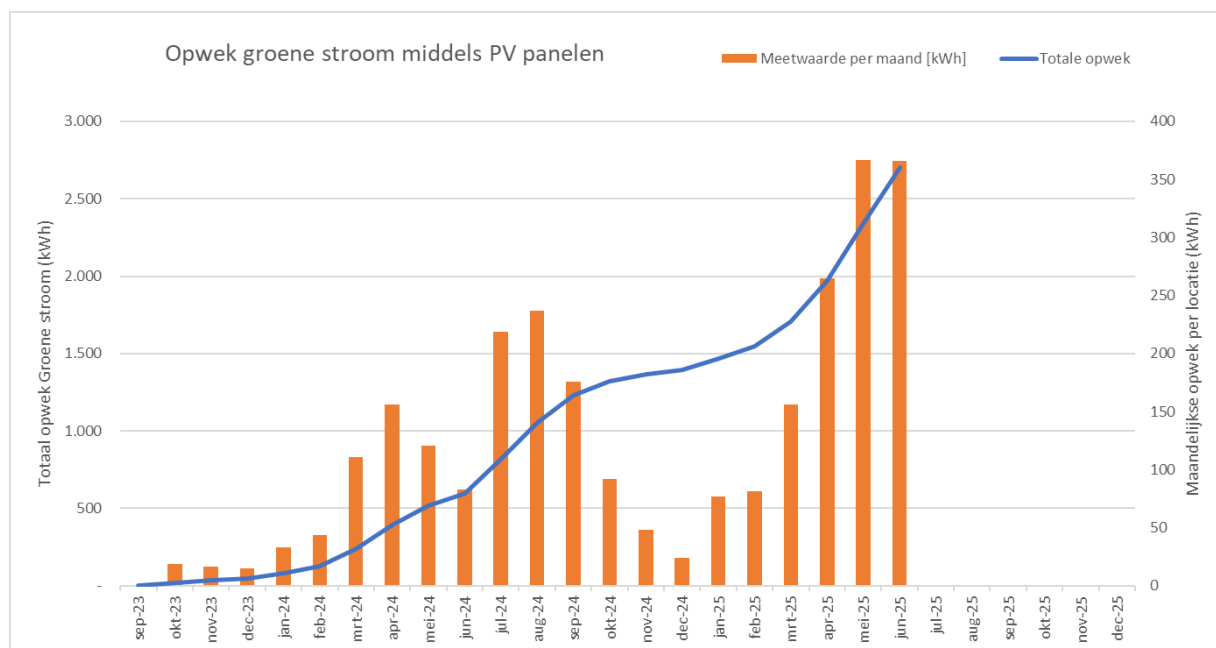
Het elektraverbruik op de werflocatie van Putman is toegevoegd in de meetreeks op de landhub. De hoeveelheid stroom is laag, er is in totaal 362 kWh verbruikt.

De werkzaamheden nabij de John Frostbrug en nabij traject 10/11 zijn nagenoeg afgerond. De stroom wordt betrokken uit de walstroomkasten van Gemeente Arnhem. Er heeft nog geen facturatie plaatsgevonden, verbruiksgegevens worden aan het einde van de werkzaamheden in 1 totaalfactuur verwerkt. Dit aangezien het verbruik relatief beperkt is. Voor opgave van de elektraverbruiken is nu een schatting gehanteerd.

De opgewekte energie is weergegeven in Figuur 2. De zomerperiode laat wederom een goede opwek zien.

In hoofdstuk 4 is in beeld gebracht hoe deze verbruiksdata zich verhoudt tot de CO2-reductie op het werk.

In Bijlage B.2 is het materieeloverzicht opgenomen gekoppeld aan de laadlocaties Nelson Mandelabrug, John Frostbrug en Traject 10/11. De materieel aanwezigheidslijst.



Figuur 2: Opwek groene stroom middels PV panelen

Uitgangpunt betreft dat materieel enkel via deze aansluitingen wordt aangesloten cq. opgeladen. Overige energie wordt buiten beschouwing gelaten. De inkoopstations, walstroom kasten en landhub maken gebruik van groene stroom. De CO2-emissie van deze energiebronnen bedraagt daardoor 0 kg CO₂-eq (zero emissie).

2.2 Afwijkingen

De afwijkingen op emissieloos bouwen zijn weergegeven Tabel 1. De inhoudelijke toelichting en gevolgen zijn uitgewerkt in de desbetreffende AFW-en. Indien het bouwmaterieel niet emissieloos ingezet kan worden wordt er conform eis [DB100] gebruik gemaakt van HVO100 brandstof.

Tabel 1: Afwijkingen op emissieloze bouwplaats

Inzetperiode	Activiteit	Type materieelstuk	Brandstofverbruik [liters totaal HVO100]	CO2-eq uitstoot [kg, obv 0,347 kg CO2-eq/liter]	# AFW
Oktober '23	Trillen damwanden Roermondseplein (traject 1)	Trilblok 35VM icm PVE1000P generator	295	102,37	AFW-0128
Februari '24	Verdichten klei Traject 2	Hybride bulldozer type CAT	1.900	659,33	AFW-0177
Januari '24	Verdichten in sleuven	Trilplaat HVO100 aangedreven.	260	90,22	AFW-0241
Juni '24	Grondzuigen rondom bestaande bomen	Inzet grondzuiger aangedreven op HVO100	1.016	352,55	AFW-0381
Mei/juni '24	Standby ankerboormachine tbv crushen (Uiteindelijk minimaal ingezet op 3 dagen, omdat de elektrische KLEMM snel gerepareerd is)	Inzet HVO100 aangedreven ankerboormachine.	60	20,82	AFW-0359
Augustus '24	Fluidatiepomp	Inzet Fluidatiepomp bij aanbrengen damwanden in traject 8	10	3,47	WTV-068B
Oktober '24	Asfaltset herstel Oranjewachtstraat. Zeer kleine productie.	Asfaltset	150	69,4	VTW-083
November '24	Betonstorts specials Roermondsplein en Jansbeek	Betonpomp HVO100 aangedreven	100	34,7	AFW-488
Februari '25	Boren 4 palen uitstroomgoot Sabelspoort	Inzet KLEMM 807, HVO100 aangedreven	200	69,4	VTW-072B
Maart '25	Straatwerk en grondwerkzaamheden. Inzet gedurende week 10 tot en met 12	Adhoc inzet HVO100 aangedreven mobiele graafmachine Liebherr 914	315	109,31	AFW-0475

Maart '25	Plaatsen dekstenen en traptreden van zichtbeton	Generator voor Vacuümpomp op de zware platenklem >500 kg is niet emissieloos beschikbaar. Huidige versie is benzine aangedreven. De emissiefactor voor benzine E10 bedraagt 2,821 kg/l	60	169,26	AFW-0476
Juni '25	Aanbrengen drain traject 1	Gestuurde boring uitgevoerd voor het aanbrengen van een drainage achter de bestaande keerwand. Machine in overleg met OG ingezet op HVO100.	volgt	-	VTW-017C
Mei '25	Verlagen puinbaan T10/11	Adhoc inzet HVO100 aangedreven mobiele bandenkraan ivm verlagen puinbaan hellingbaan. Machine in overleg met OG ingezet op HVO100	48	16,66	AFW-0487
Totaal			4.414	1.697	

3 Bouwlogistiek

3.1 CO₂ uitstoot

Conform eis [DB070] en [DB050], is de CO₂ emissie als gevolg van alle ritten (aan- en afvoerlogistiek) gerapporteerd. Hierbij is de prognose uit de tenderplanning aangehouden en de daadwerkelijke uitstoot op basis van de administratie beladen ritten Rijnkade Arnhem gerapporteerd. De daadwerkelijk uitgestoten CO₂ wordt berekend op basis van het volgende:

- Type transportmiddel
- Diesel – HVO 100 – Elektrisch
- Nettogewicht
- Aantal kilometers

De CO₂ emissie voor HVO 100 wordt conform de volgende kentallen berekend (Tabel 2). Het Verbruik wordt gecorrigeerd naar energiedichtheid van HVO ten opzichte van fossiele dieselolie. Daarna is de uitstoot gereduceerd met 89% op basis van de uitstootreductie per liter conform co2emissiefactoren.nl [DB080]. Dit leidt tot de volgende formule: kg CO₂ o.b.v. Diesel x $(36,28/34,5)*0,11$.

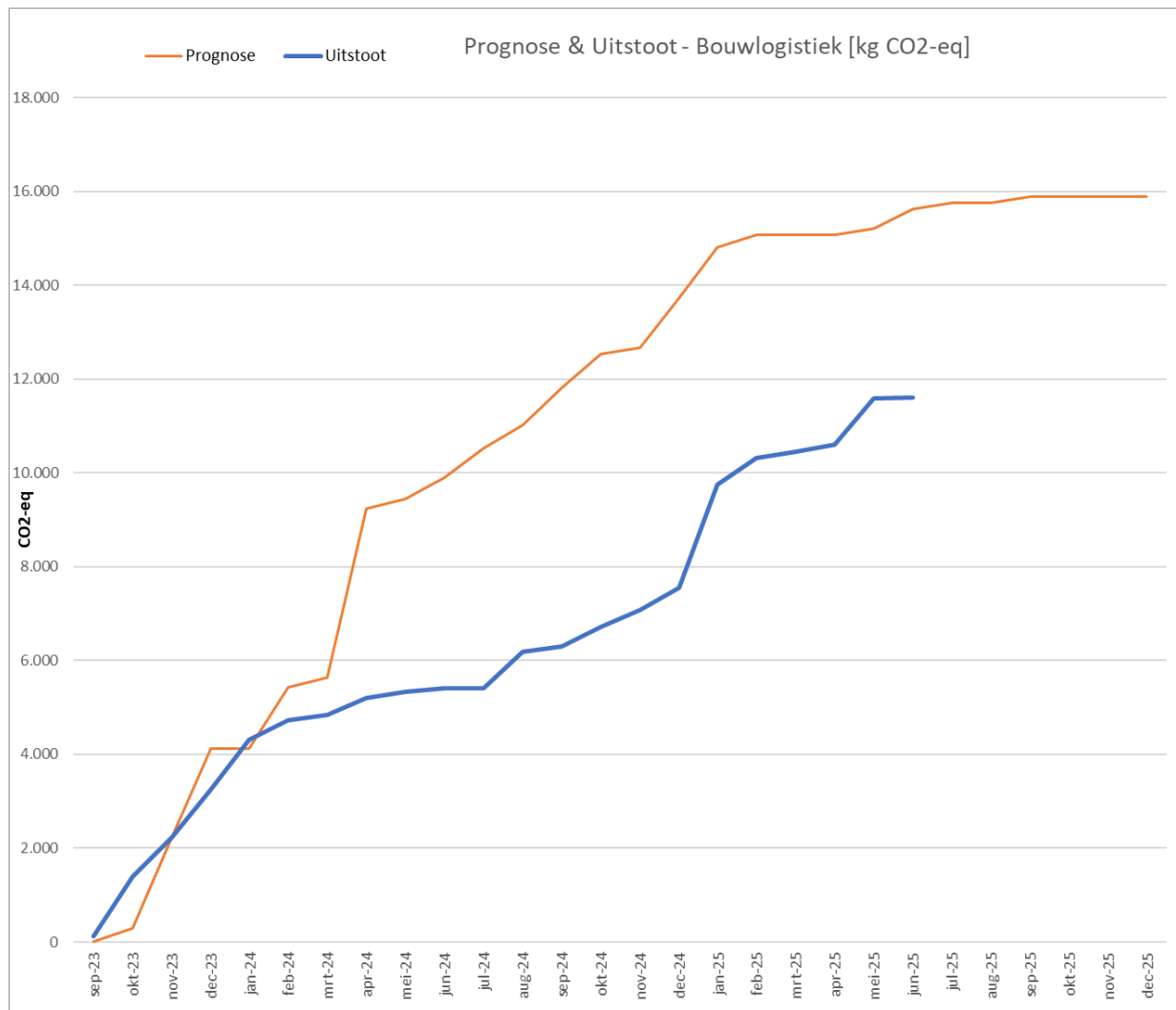
De rittenadministratie over afgelopen kwartaal is opgenomen in Bijlage A – Rittenregistratie bouwlogistiek.

Tabel 2: Kentallen HVO 100 per type transportmiddel

Type transportmiddel	Kg CO ₂ -eq/eenheid (WTW) TOTAAL (Well to Wheel)	Kg CO ₂ -eq/eenheid (WTW) TOTAAL (Well to Wheel)
	bij Diesel	bij HVO100
Bestelauto > 2 ton	1,326	0,153
Vrachtwagen < 10 ton	0,363	0,042
Vrachtwagen 10-20 ton	0,256	0,030
Vrachtwagen > 20 ton plus aanhanger	0,105	0,012
Betonvrachtwagen	0,105	0,012
Zware trekker + oplegger	0,088	0,010
EV truck	0,105	0,000
Binnevaartschip Klein, 300-600 ton (Spits-Kempenaar)	0,041	0,005
Dortmund-Eemskanaalschip (650-1000 ton)	0,041	0,005
Binnevaartschip Gemiddeld, 1500-3000 ton (RHK-groot Rijnschip)	0,031	0,004
Binnevaartschip Groot, 5000-11000 ton (koppelverband-duwbak)	0,021	0,002

In de rittenadministratie is de aan en afvoer van bulkgoederen en bouwmaterialen over het water en de weg van en naar de bouwplaats opgenomen, zoals afvoer grond, aanvoer klei, aanvoer damwanden en afvoer puin. De eenmalige aan- en afvoer van de bakken, materieelstukken op land en bijbehorende sleep c.q. duwbaten zijn niet opgenomen in het overzicht.

De prognose en de daadwerkelijke CO2 emissie is aangegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Prognose en daadwerkelijke CO2 uitstoot bouwlogistiek

In hoofdstuk 4 is in beeld gebracht hoe deze verbruiksdata zich verhoudt tot de CO2-reductie op het werk.

4 Kwantitatief overzicht CO2-emissie

Dit overzicht wordt per VGR geactualiseerd en geeft inzicht welk Zero-emissie materieel op de bouwplaats wordt ingezet inclusief de afwijkingen hierop en hoeveel CO2-emissie in de bouwlogistiek resteert. Dit geeft inzicht in de inzet van drie typen materieel;

- Het zero-emissie materieel = 0 CO2-emissie.
- Materieel op HVO100 op bouwplaats in de VGR-periode (berekening naar CO2-emissie).
- Bouwlogistiek in VGR-periode. CO2-emissie inzichtelijk maken o.b.v. rittenadministratie (berekening naar CO2-emissie).

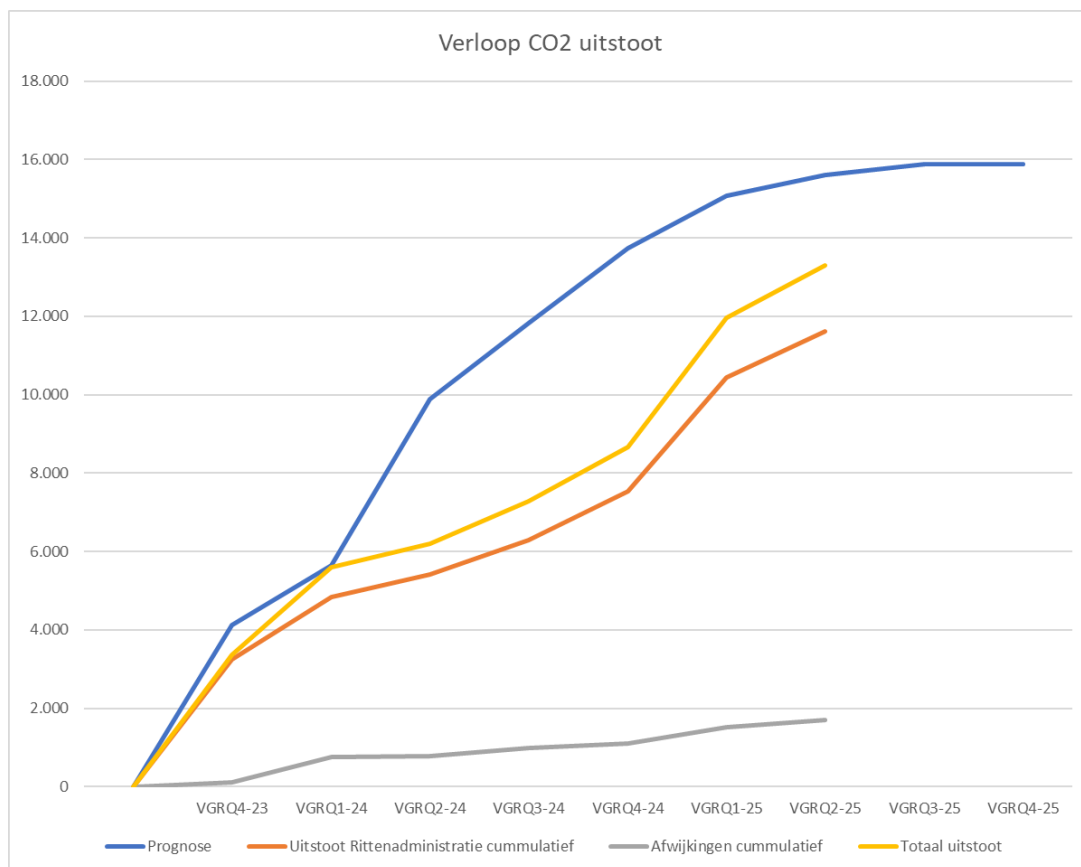
Een kwantitatief onderbouwd overzicht van het Werk voor de te behalen CO2-emissie [DB070.h]:

	CO2-emissie prognose + aanbieding	CO2-emissie (cumulatief) t/m VGR Q2-25
Prognose in tenderfase van CO2-emissie indien traditionele uitvoering (Bouwcombinatie Samen).	1.447.930 kg CO2-eq	
→ CO2-emissie bouwplaats	1.271.454 kg CO2-eq	
→ CO2-emissie bouwlogistiek	176.476 kg CO2-eq	
Bouwplaats:		
➤ Inzet zero emissie materieel op de bouwplaats	0 kg CO2-eq	0 kg CO2-eq
➤ Inzet traditionele machines op HVO100 (Afwijkingen en Wijzigingen)		1.697 kg CO2-eq
Bouwlogistiek:		
➤ Toepassen bouwlogistiek & HVO100 cf Contracteisen DB090, DB100 (reductie = $176.476 * 0,91$)	15.883 kg CO2-eq	
Inzet bouwlogistiek		11.612 kg CO2-eq
Totaal (bouwplaats + bouwlogistiek)		
		13.309 kg CO2-eq

Deze uitstoot is opgebouwd uit:

- Al het zero-emissie materieel = 0 CO2-emissie. In Bijlage B Materieellogboek en Inzetlijst materieel is opgegeven welk ZE materieel er afgelopen periode op het werk is ingezet en op welk inkoopstation dit materieel is opgeladen.
- Bouwlogistiek in de VGR-periode. In bijlage A is de rittenadministratie opgenomen. De gesommeerde uitstoot in CO2-emissie en de vermeden CO2 emissie ten opzichte van inzet van fossiel aangedreven materieel is inzichtelijk gemaakt.
- Materieel op HVO100 op bouwplaats in VGR-periode. De inzet en het verbruik is weergegeven overeenkomstig paragraaf 2.2 Afwijkingen en bijbehorende afwijkingsrapporten.

Bovenstaande informatie is visueel weergegeven in figuur 4.



Figuur 4: Verloop CO2 uitstoot project

5 Logboek duurzaamheidsmaatregelen

In Tabel 3 worden de getroffen duurzaamheidsmaatregelen anders dan materieel inzet op de bouwplaats en bouwlogistiek gelogd.

Tabel 3: Duurzaamheidsmaatregelen

Omschrijving activiteit	Door	Datum
Presentatie Bouwmachine Kennisdag	Jos Kamphuis & Frans van der Werf	6 december 2023
Presentatie CO2 reductieprogramma Van der Ven – Focusgroep zwaar materieel	Jos Kamphuis	1 februari 2024
Gastcollege Minor Circulaire Economie HAN, Arnhem	Jos Kamphuis	19 maart 2024
Opnamedag Bouwend Nederland De Bouw Maakt het! Online campagne en RTL tv uitzending. Uitzending september/oktober '24.	Barry Kooijman, Patrick Blok en Jos Kamphuis	12 april 2024
Artikel De Groene Koers (en meerdere media)	Jos Kamphuis & Frans van der Werf	Voorjaar 2024
HWBP dijkwerkersdag sessie expertpool	Jos Kamphuis & Frans van der Werf	15 mei 2024
Bezoek bouwend Nederland Komat – Veilig inzet batterij elektrisch materieel	Barry Kooijman en Jos Kamphuis	31 mei 2024
Bouwend Nederland De Bouw Maakt het! Online campagne	Barry Kooijman	Juli 2024
Gastcollege Minor Circulaire Economie HAN, Arnhem	Jos Kamphuis	17 september 2024
Nominatie en pitch Cobouw Infra Award 2024. Uiteindelijk gefinished op de 4 ^{de} plaats.	Barry Kooijman, Jos Kamphuis & Erwin Klerkx	18 september 2024
TV uitzending Bouwend Nederland De Bouw Maakt het!	Patrick Blok & Jos Kamphuis	21 september 2024
Kennismakingsgesprek Potentiële samenwerking Project Rijnkade Arnhem – Watermuseum Arnhem	Lisa den Dekker - Luijendijk & Jos Kamphuis	29 september 2024
Presentatie Rijnkade Arnhem – Connectr Arnhem - Community meeting Temporary Energy Systems	Jos Kamphuis	31 oktober 2024
Persbezoek en publicatie artikelen Ballast Nedam UK Press visit	Barry Kooijman en Jos Kamphuis	8 oktober 2024
Persbezoek en publicatie artikelen Ballast Nedam Turkey's Press visit	Barry Kooijman en Jan Kohlmann	7 november 2024
Build Zero Testevent – BMW, ELAAD, ENI. Presentatie aan internationaal publiek over impact ZE bouwen op materieelpark NL projecten	Jos Kamphuis	25 november 2024

Omschrijving activiteit	Door	Datum
Kennisdeling laadprofielen hoofdaansluitingen met ElaadNL. Kennisdeling en verbeteren impact ZE bouw op NL stroomnet.	Jos Kamphuis	10 februari 2025
Gastcollege Minor Circulaire Economie HAN, Arnhem	Jos Kamphuis	25 februari 2025
Gastcollege projectteam BASE: Bouwplaats Architectuur voor Schone Energie.- Hogeschool Arnhem en Nijmegen	Jos Kamphuis	25 februari 2025
Werkbezoek project Rijnkade projectteam BASE: Bouwplaats Architectuur voor Schone Energie.- Hogeschool Arnhem en Nijmegen	Jos Kamphuis	12 maart 2025
Deelname kennisdeling over de inzet van zwaar emissieloos materieel op bouwplaatsen, Emissieloos Netwerk Infra	Jos Kamphuis, Dick Vos, Coen Hoorn	19 maart 2025
Expertpool duurzaam inkopen (ca. 60 duurzaamheidsvertegenwoordigers vanuit (rijks-) overheid, aannemerspartijen en ingenieurs- en adviesbureaus). Presentatie emissieloze bouwplaats Rijnkade Arnhem	Jos Kamphuis	15 april 2025
Arnhem Electricity week AEW projectbezoeken vanuit Build Zero Testevent – BMW, ELAAD, ENI. Projectbezoek aan internationaal publiek over impact ZE bouwen op materieelpark NL projecten. 30 Deelnemers rondgeleid over de bouwplaats.	Jos Kamphuis & Barry Kooijman	19 mei 2025
Artikel in OTAR. Landelijk vakblad voor openbare ruimte. Artikel over emissieloze bouwplaats en omgevingsmanagement op de Rijnkade in Arnhem.	Paul Hardeman, Frank van den Broek, Jos Kamphuis	2 juni 2025
Global MOU Summit 2025. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. Arnhem. Projectbezoek ca. 100 internationale gasten. Als onderdeel van dit internationale congres is er een projectbezoek op de bouwplaats van de Rijnkade geweest. Internationaal hebben we met ons project kunnen inspireren. (Australië, Mexico, Frankrijk, Curaçao, UK, Frankrijk, Duitsland, Spanje, Ecuador, en nog vele anderen).	Jos Kamphuis	4 juni 2025
HAN HTS Bouwkunde en Civiele Techniek alumnivereniging Aedificat,	Jos Kamphuis	5 juni 2025

presentatie emissieloze bouwplaats Rijnkade Arnhem		
REXA Award Rönésans. We hebben de Rönésans Excellence Award Sustainability over 2024 gewonnen als volledig Projectteam van de Rijnkade.	Volledig projectteam Rijnkade!	15 juni 2025
Projectpresentatie Rijnkade Arnhem als inspiratie voor het projectteam en bouwcombinatie LTC, London Lower Thames Crossing, UK. Ambitieuus groot project wat graag wilt leren van onze lessons learned.	Jos Kamphuis	24 juni 2025

Bijlagen

- Rittenregistratie bouwlogistiek
- Materieellogboek
- Logboek verbruikscijfers

Bijlage A – Rittenregistratie bouwlogistiek

De in deze bijlage opgenomen rittenadministratie bevat alle ritten tussen de bouwplaats en onze leveranciers. Aanlevering van grondstoffen en materialen aan onze onderaannemers en leveranciers vallen buiten de scope van deze administratie.

Bijlage B – Materieellogboek

In het bijgevoegde materieeloverzicht zijn alle beschikbare data opgenomen van het materieel. Uit ervaringen blijkt dat niet voor alle materieelstukken alle datavelden zijn ingevoerd. De significante en maatgevende data is vastgelegd en wordt bewaakt.

Tweede deel betreft de aanwezigheidslijst van het bouwmaterieel on site. Op basis van de aanwezigheidslijst en de verbruiksgegevens kan een inschatting van de energiebehoefte van vergelijkbare projecten worden opgesteld.

Bijlage C – Logboek verbruikscijfers

In deze bijlage zijn diverse productie- en verbruikscijfers opgenomen.

Het meten en registreren van de verbruikscijfers van batterij elektrisch materieel is onderdeel van de Voortgangsrapportage. Voor de onderstaande materieelstukken is er inzicht verkregen in het verbruik gekoppeld aan de werkproducties:

- Hyundai HX260AL rupskraan
- Hyundai HX300AL rupskraan
- Funderingsset Silentpiller drukstelling
- Funderingsset Trilblok
- Vrachtwagens transport keerelementen van Barneveld naar Arnhem
- Volvo JL25H shovel
- IBIS Werkschip

Aanvullende metingen zijn lopende voor de Sany 80-tons telerupskraan bij het trillen van de damwanden nabij Sabespoort en de inzet van de Volvo Knijperaauto op en rond de bouwplaats. Deze data zal worden opgenomen in navolgende voortgangsrapportages.

Hyundai HX260AL rupskraan

De Hyundai HX260AL is de allround rupsgraafmachine welke sinds oktober 2023 op het werk aan de slag is. Het accupakket van de Machine is 390 kWh groot en wordt gedurende de nacht opgeladen middels een AC lader.

Op basis van een 174 inzetdagen tussen 5 oktober 2023 en 13 juni 2023 is er een gemiddeld dagverbruik voor de machine van 185 kWh geweest.

Verbruik	Aantal dagen	Gemiddeld verbruik [kWh]	% dagen
Licht, < 150 kWh	53	62	30%
Middel, 150 tot 250 kWh	73	198	42%
Zwaar, > 250 kWh	48	301	28%

Kenmerkende activiteiten voor de categorie zwaar zijn het verwerken van de klei op het groene balkon, in januari treffen we hier drie aaneengesloten dagen maximale belasting op ca. 350 kWh en het slopen van de keermuur en het afvoeren van het puin.

Hyundai HX300AL rupskraan

De Hyundai HX300AL is de tweede allround rupsgraafmachine welke sinds maart 2024 op het werk aan de slag is. Het accupakket van de Machine is 390 kWh groot en wordt gedurende de nacht opgeladen middels een AC lader. De HX300AL is in verband met zijn lange giek met name ingezet bij de aanleg van het diepriool rondom het Roermondseplein en de Vossestraat.

Op basis van een 64 inzetdagen tussen 18 maart 2024 en 13 juni 2023 is er een gemiddeld dagverbruik voor de machine van 163 kWh geweest.

Verbruik	Aantal dagen	Gemiddeld verbruik [kWh]	% dagen
Licht, < 150 kWh	27	74	42%
Middel, 150 tot 250 kWh	27	203	42%
Zwaar, > 250 kWh	10	293	16%

Op slecht 10 dagen is de maximale accucapaciteit benodigd geweest.

Damwanden

Samen met onze onderaannemer Sterk hebben wij tussen het Roermondseplein en de Sabelspoort ca. 6.400 m² damwandscherm aangebracht. Deze damwanden zijn met name met een Silentpiler drukstelling aangebracht. Dit betreft ca. 81% van het oppervlakte. De overige ca. 19% van het oppervlakte is aangebracht met behulp van een trilblok. Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd tussen week 11 en week 25 van 2024.

Drukken damwanden

Bij het drukken van de planken is een Silent Piler gebruikt. Op basis van een representatieve productie in de weken 16, 17 en 18 is er voor de drukstelling een representatief gemiddeld verbruik uitgelezen uit de cambus (boordcomputer).

Periode	Aantal planken [st]	Oppervlakte wand [m ²]	Verbruikte energie [kWh]	Gemiddeld verbruik [kWh/m ²]
Week 16 – 5 werkdagen	77	539	765	1,42
Week 17 – 5 werkdagen	82	574	960	1,67
Week 18 – 3 werkdagen	26	182	345	1,90
Totaal	185	1.295	2.070	
Gemiddeld verbruik				1,60

Voor de Siltent Piler is het volgende van toepassing:

- Baseload van 12kW
- Maximaal vermogen = 170 kW onder last
- Gemiddeld vermogen = 90 kW onder last
- Spanning: 400V
- Stroomsterkte 250A

Als hulpkraan is er bij deze set een SANY 100-tons vakwerkgiek draadkraan gebruikt. Er is in deze machine geen uitleesbare cambus (boordcomputer) aanwezig. Het verbruik van de machine is ingeschat op basis van praktijkervaringen. De machine heeft een accucapaciteit van ca 260 kWh. Bij een dagverbruik van 70% hiervan bedraagt het verbruik 182 kWh per dag. Over een inzet van 13 werkdagen en een oppervlakte van 1.295 m² betreft dit een verbruik van **1,83 kWh per m² damwand**.

Er is daarnaast een fluidatiepomp aanwezig bij de set. Het verbruik van deze pomp is zeer minimaal. De pomp heeft een motorvermogen van 11 kW welke alleen aanslaat bij het op druk houden van de compressor tijdens het drukken. Bij een gemiddelde van 5 minuten aanbrengtijd per plank betreft het verbruik 0,92 kWh per plank ofwel **0,13 kWh per m²**.

Het totale verbruik van de drukstelling betreft hiermee 1,60 + 1,83 + 0,13 = **3,56 kWh per m²**. Teruggerekend naar het oppervlakte gedrukte wand betreft dit een totaalverbruik van ca. **18.500 kWh** voor de gedrukte planken.

Trillen damwanden

Voor het trillen van de damwanden is het 2323VM trilblok in combinatie met de EHPU 700e ingezet. Het benodigde verbruik wordt bepaald door de Electric Hydraulic Power Unit (EHPU). Het trilblok wordt hydraulisch aangestuurd. De op de Rijnkade ingezette Power unit heeft geen uitleesbare cambus. Verbruiksgegevens worden niet gelogd.

Op basis van de werkvermogens van de power unit is wel een aantal uitgangspunten op te sommen.

Het verbruik van de EHPU bedraagt ca. 30 tot 35 kWh per uur dit komt door een fors verbruik gedurende het stationair draaien van de motoren. Over een werkdag betreft het verbruik daarmee maximaal 270 kWh. Waarbij het vermogen tijdens het trillen oploopt tot maximaal 150 kW, dit maximale vermogen treedt maar kort op tijdens het trillen. De maximale stroomsterkte betreft ca. 508 A met een bijbehorend blindvermogen van 333 kvar.

Samen met het dagverbruik van 100 tons vakwerkgiek draadkraan van ca. 182 kWh per dag bedraagt het verbruik van deze funderingscombinatie $270 + 182 = 452$ kWh per dag.

Elektrische vrachtwagens tbv transport keerelementen

De prefab keerelementen zijn vanuit Barneveld naar Arnhem getransporteerd. Hiervoor zijn diverse elektrische vrachtauto's ingezet. Een representatieve auto hierbij is de 4*2 Volvo FM trekker met kenteken 73-BTV-3. Deze auto is onder andere op onderstaande dagen ingezet.

Datum	Energie [kWh]	Afstand [km]	Type rit	Gemiddeld verbruik [kWh/km]
apr. 9, 2024	391,69	225	Dieplader, 2 keerelementen, 2 vrachten retour	1,74
apr. 10, 2024	379,45	222	Dieplader, 2 keerelementen, 2 vrachten retour	1,71
apr. 11, 2024	378,13	221	Dieplader, 2 keerelementen, 2 vrachten retour	1,70
apr. 12, 2024	373,46	222	Dieplader, 2 keerelementen, 2 vrachten retour	1,68
apr. 15, 2024	311,47	182	Dieplader, 2 keerelementen, 1 vracht en terug naar standplaats.	1,71

Alle ritten zijn uitgevoerd met 28 tot 30 ton belading. Alle ritten zijn gereden via de A30 en A12 richting De Nieuwe Havenweg in Arnhem. Het gemiddeld verbruik betreft 1,71 kWh per gereden km. Dit verbruik ligt 0,41 kWh boven het branchegemiddelde van 1,30 kWh/km voor de inzet van een EV truck in de GWW sector. Deze overschrijding valt toe te wijzen aan het hoge beladingsgewicht in combinatie met de on-aerodynamische objecten en het vervoer over de snelweg.

Volvo JL25H

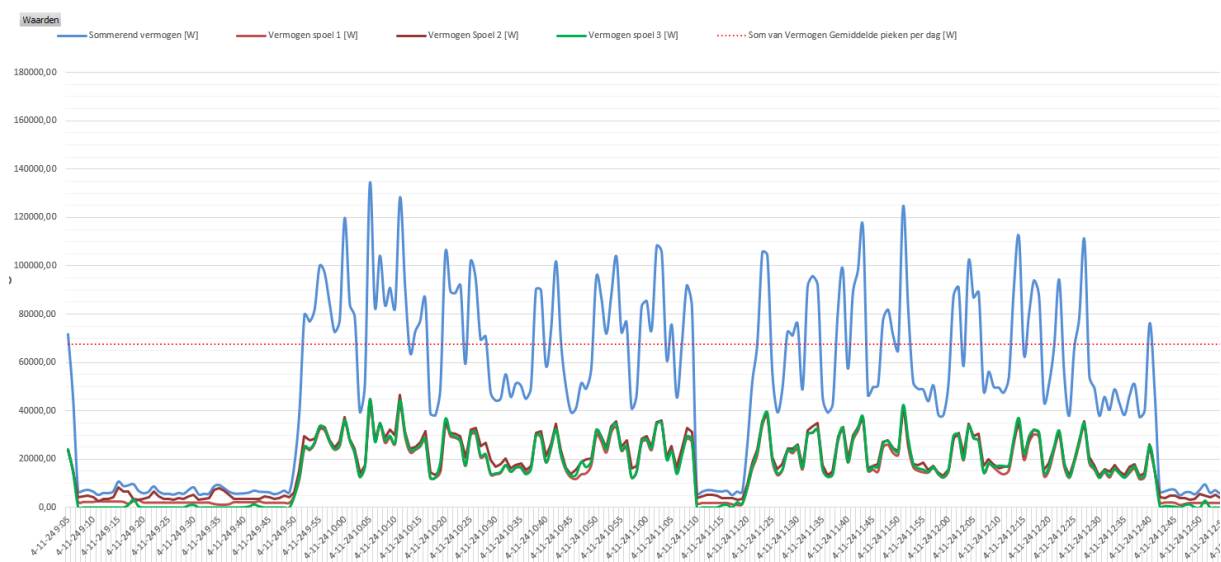
Op het werk is sinds oktober 2023 een VOLVO JL25H shovel aanwezig. Deze alleskunner wordt voor allerlei hand en spandiensten ingezet. Materialen bij rijden, baan maken, verplaatsen klein materieel, etc. In de periode tussen 27 juni en 10 juli is het verbruik en de inzetijd van de shovel gemonitord. In deze periode is de shovel gedurende 9 werkdagen ingezet met een gemiddelde inzetijd van 4 tot 6 uur per dag. Hierbij kent de shovel een verbruik van gemiddeld 5,02 kWh per uur. Bij een accucapaciteit van ca. 32 kW beschikbaar vermogen blijkt dat de maximale inzetijd van 6 uur per dag overeenkomt met de capaciteit. Tijdens de uitvoering wordt hier echter weinig hinder van ervaren, de machine is niet de gehele dag benodigd.



IBIS Werkschip

Bij de inzet van het IBIS werkschip in traject 10/11, plaatsen keerwanden, is een meting uitgevoerd gedurende 3 volledige dagen, 4 tot en met 6 november 2024. De werkzaamheden betroffen het plaatsen van 70 keerelementen.

De metingen zijn uitgevoerd met een 'Easton SDM630' meter. Aangesloten met 3 spoelen.



Figuur 5: Uitsnede meetreeks plaatsen elementen de ochtend van 4 november

Samenvattend kan vermeld worden

Onderdeel	Meetwaarde
Maximaal kilo Watt piek vermogen	172,07 kW
Gemiddeld stroomverbruik per uur	2,81 kWh
Max Piek Ampere stroom (zeer kortstondig)	719,25 A
Totaal	1.545,31 kWh
Gemiddeld stroomverbruik per element (70 st)	22,08 kWh

De meetwaarde per spoel betreft gemiddeld 239,88 A.

Onderdeel	Meetwaarde
Stroom Spoel 1 [Ampere]	231,74 A
Stroom Spoel 2 [Ampere]	247,31 A
Stroom Spoel 3 [Ampere]	240,58 A
Elektrisch stroom [Ampere] Gemiddeld	239,88 A