



Eindrapport 'Lessons learned' Pilotproject Emissieloos Werken

Hoogwaardige fietsroute
Hugo de Grootstraat / Valckenierstraat Arnhem

Gemeente Arnhem: Sil Polman, Niek van Onna
Heijmans: Wouter Palm, Erwin Berghuis

Uitvoering:
februari - april 2022



INHOUD

1	INLEIDING	1
2	TOELICHTING PROJECT	2
3	BOUWTEAMFASE	2
3.1	SpUK-SLA	2
3.2	Beschikbaarheid emissieloze/arme materieelstukken	3
3.3	Aantoonbaarheid emissiereductie	3
3.4	Definitieve prijsaanbieding	4
3.5	Delen van ervaringen	4
4	EMISSIELOOS/ARM BOUWEN	4
4.1	Lessons learned ingezet materieel	5
5	OPLAADVOORZIENINGEN	11
5.1	Inventarisatie laadbehoefte	11
5.2	Inventarisatie laadmogelijkheden	11
5.3	Laadhub	13
5.4	Overzicht inzet werktuigen van, naar en op de bouwplaats	14
5.5	Ervaringen en aanbevelingen	14
6	DUURZAAMHEIDSKANSEN	15
6.1	Vaststellen ontwerprijheden	15
6.2	Meer groen en minder verharding	16
6.3	Afkoppelen HWA	16
6.4	Duurzaam asfaltmengsel	16
6.5	Duurzame markering	16
6.6	(Her)gebruik bestratingmateriaal	16
6.7	Geveltuintjes	17
6.8	Kolleidingen PVC	17
7	CONCLUSIE	18
7.1	Emissies	18
7.2	(Meer)kosten	18
8	OMGEVINGSENQUÊTE	19

BIJLAGE 1: Verbruiksgegevens

BIJLAGE 2: Vergelijk inzet materieel t.o.v. SEB

BIJLAGE 3: Omgevingsenquête

BIJLAGE 4: Infographic

**1****INLEIDING**

De gemeente Arnhem heeft samen met Provincie Gelderland een hoogwaardige fietsroute gerealiseerd tussen Arnhem en Velp. Dit zorgt voor een rechtstreekse fietsverbinding tussen het Airborneplein in Arnhem en Velp. Ook is de campus HAN/Larenstein beter bereikbaar. De gemeente Arnhem had de wens om, als pilotproject, een deel van de fietsroute emissieloos te realiseren. Het deeltraject Hugo de Grootstraat/ Valckenierstraat is hiervoor geselecteerd.

Doelstelling (bij aanvraag Spuk-subsidie) van het pilotproject

De gemeente Arnhem heeft meerdere doelstellingen voor het pilotproject:

1. Minder hinder voor de buurt én minder luchtvervuiling door inzet van zero-emissie machines (draagt bij aan doelen uit de Luchtagenda 2019).
2. Bijdragen aan de doelen van het energietransitie programma New Energy made in Arnhem (meer elektrische voertuigen in 2030).
3. Impact op toekomstige GWW-projecten in Arnhem, door het opnemen van nieuwe regels voor aanbestedingen in de openbare ruimte (moederbestek).

Bij het pilotproject wilden we zoveel mogelijk emissieloze werktuigen inzetten. Om hiervan te leren, zodat we de geleerde lessen kunnen gebruiken voor de roadmap naar de emissieloze bouwplaats. De inzet van emissieloos materieel zorgt voor reductie van stikstof, fijnstof en CO₂. Een tweede doel was onderzoeken of zero-emissie en/of emissiearm materieel op andere vlakken voordelen biedt, vergeleken met regulier materieel. Denk bijvoorbeeld aan de hinderbeleving. Deze meerwaarde is afgezet tegenover de (eventuele) meerprijs van zero-emissie materieel en/of emissiearm materieel. Tot slot is gekeken naar eventueel profijt of kansen op het gebied van andere duurzaamheids-thema's. Denk o.a. aan: klimaatadaptatie (afkoppelen en voorkomen hittestress), gebruik van circulaire bouwmaterialen en hergebruik van materialen.

Op basis van deze doelstellingen is voor dit pilotproject een onderzoeks-aanpak met een centrale onderzoeksvraag opgesteld.

Onderzoeksvraag

Hoe kan de gemeente, in overleg met de vooraf geselecteerde aannemer, zorgen dat een zo groot mogelijk deel van de gebruikte machines zero-emissie is? En hoe kunnen we ervan leren en het geleerde toepassen op toekomstige projecten?

De uitkomsten van deze onderzoeken wil de gemeente Arnhem gebruiken om na te gaan welk zero-emissie en / of emissiearme mobiele werktuigen standaard ingezet kunnen worden bij toekomstige projecten.

Dit pilotproject omvat werkzaamheden die veel voorkomen in Arnhem en is daarmee een goede leerschool én benchmark voor toekomstige projecten.

Het Schone Lucht Akkoord

Arnhem was in 2018 een knelpunt in de luchtkwaliteit, één van de gemeenten waar het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zich zorgen over maakte. De gemeente Arnhem ondertekende in 2019 het Schone Lucht Akkoord, met als doel om bij te dragen aan schone lucht in Arnhem. Schone lucht is belangrijk voor de gezondheid van inwoners en bezoekers van Arnhem. Daarom werkt de gemeente via verschillende projecten en maatregelen aan een betere luchtkwaliteit.

Als onderdeel van het Schone Lucht Akkoord neemt Arnhem deel aan het landelijke pilotproject Mobiele Werktuigen. Dit pilotproject heeft als doel 'het versneld toewerken naar inzet van zero-emissie en /of emissie-arm mobiele werktuigen door Rijk en decentrale overheden'. Dit sluit aan bij de gemeentelijke ambitie om op korte en middellange termijn de uitstoot te verminderen van de meest schadelijke stoffen in Arnhem. Op de lange termijn wordt toegewerkt naar een Zero Emissie Zone voor de binnenstad.

De gemeente Arnhem start een pilot om de volgende redenen vanuit het Schone Lucht Akkoord:

1. Luchtkwaliteit verbeteren door bij GWW-projecten minder uitstoot van CO₂, stikstof en fijnstof te realiseren;
2. Uitstoot van stikstof reduceren zodat bouwprojecten niet bijdragen aan te veel stikstofdepositie bij gevoelige natuurgebieden;
3. Bijdragen aan de energietransitie door over te schakelen op mobiele werktuigen die geen fossiele brandstoffen gebruiken.

Voor dit pilotproject werkt de gemeente samen met Heijmans Infra B.V. Beide partijen hebben in 2019 ook al samengewerkt aan het project 'Reconstructie Apeldoornseweg'. Hierin is al de nodige ervaring op het gebied van duurzaamheid opgedaan. Heijmans heeft de ambitie om in 2023 CO₂-neutraal te zijn. Heijmans en de gemeente Arnhem hebben dit pilotproject samen als bouwteam vormgegeven.

Doorontwikkeling van plan van aanpak naar eindrapport

Aan het begin van de bouwteamfase heeft Heijmans een plan van aanpak opgesteld. In dit plan zijn een toelichting op het project, de aanleiding, de doelen en de mogelijke aanpak voor de bouwteamfase beschreven. Het gaat daarbij om een voornamelijk procesmatige inrichting met een bijbehorende planning. In het plan van aanpak staan ook al enkele duurzaamheidskansen op het gebied van materieel en materialisatie/inrichting. Deze konden tijdens de bouwteamfase onderzocht worden.



In dit eindrapport richten wij ons vooral op de daadwerkelijk gerealiseerde kansen en lessons learned tijdens de uitvoering van het project. Om de leesbaarheid te vergroten, gaan we maar beperkt in op de vooraf opgestelde stappen. Zo ontstaat een praktisch en bruikbaar eindrapport dat de basis vormt voor de roadmap naar de emissieloze bouwplaats.

2

TOELICHTING PROJECT

De Hugo de Grootstraat en Valckenierstraat liggen in de wijken Statenkwartier & Het Broek en worden gescheiden door de Johan de Wittlaan. Het projectgebied ligt aan de oostzijde van het centrum van Arnhem (zie rode markeringen op de kaartweergave)

Aan de noordzijde van het projectgebied, ter hoogte van de onderdoorgang met de spoorlijn Arnhem – Winterswijk, sluit de fietsroute aan op de bestaande Voldijk. Aan de zuidzijde sluit de route aan op de bestaande hoogwaardige fietsroute die vanaf de Johan de Wittlaan over gaat op de Stadhoudersstraat.

De gemeente heeft al voor de start van het bouwteam een referentieontwerp gemaakt, samen met een aantal bewoners. Dit vormde de basis om samen met Heijmans verder uit te werken tot een Uitvoerings Ontwerp (UO). De onderzoeksvraag is in het bouwteam breder getrokken. We wilden ook onderzoeken welke duurzaamheidskansen er zijn in materiaalgebruik en duurzame toepassingen. De daadwerkelijke productie van de materialen in de fabriek (uitgezonderd asfalt) valt buiten de scope van het pilotproject. De invloed op het project geldt vanaf het moment dat de materialen de poort van de fabriek verlaten.

Het pilotproject is onder andere gekozen vanwege de aard van de werkzaamheden: vaak voorkomende GWW-werkzaamheden. Het project is zo een goede afspiegeling en leerschool voor toekomstige

GWW-projecten binnen de gemeente. Met een totale lengte van 500 m1 en een uitvoeringsperiode van ongeveer 15 weken, was het een compact en behapbaar project. Hieronder wat globale hoeveelheden om een beeld te geven van de omvang:

- 325 m1 HWA-afvoerleidingen (Ø125/160 mm)
- 4600 m2/ m1 straatwerk en trottoir- en opsluitbanden
- 2200 m2 asfaltverharding

De aanneemsom voor de realisatiefase was ruim € 650.000 excl. BTW.

3

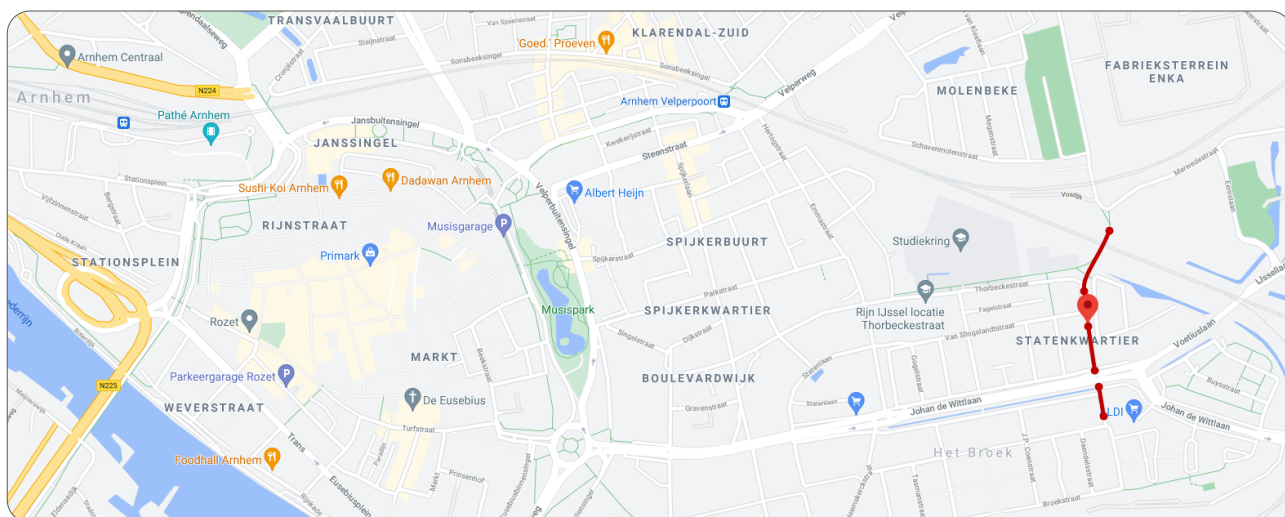
BOUWTEAMFASE

Het plan van aanpak vormt de basis voor de daadwerkelijke start en verdere invulling van het project. De formele samenwerking en afspraken tussen Heijmans Infra en de gemeente Arnhem zijn vastgelegd in een bouwteamovereenkomst. Tijdens de bouwteamfase is toegewerkt naar een uitvoeringsontwerp en een RAW-bestek als aannemingsovereenkomst.

Kenmerk van een pilotproject is de gezamenlijke zoektocht. Een nauwe samenwerking tussen alle partijen is dan ook heel belangrijk. Een bouwteamsamenwerking vormt hiervoor een perfecte contractuele basis. Alle leden van het projectteam hebben constant gezocht naar optimalisaties op het gebied van ontwerp, inzet en monitoring van zero-emissie en /of emissiearme mobiele werktuigen.

3.1 SpUK-SLA

Een belangrijk onderdeel binnen het project was de SpUK-SLA subsidie. De Specifieke Uitkering Schone Lucht Akkoord (SpUK SLA) biedt financiële steun voor projecten die zorgen voor schonere lucht en gezondheidswinst. De gemeente Arnhem heeft het Schone Lucht Akkoord ondertekend en komt daardoor in aanmerking voor deze regeling.





Om de subsidieaanvraag volledig en op tijd te kunnen indienen, was een inschatting nodig van de in te zetten emissieloze/armer materieelstukken en de bijbehorende meerprijs. Hiervoor is een quickscan uitgevoerd, waarbij de hoeveelheden zijn bepaald op basis van het referentieontwerp. Daarna is per materieelstuk bekeken welke emissieloze/armer materieelstukken beschikbaar waren en is onderzocht wat de meerkosten hiervoor waren.

Het plan van aanpak hield rekening met een periode van ongeveer 2 weken voor de subsidieaanvraag. Dit bleek in de praktijk te kort om alle benodigde informatie en uitgangspunten uit te werken. Vooral het vaststellen van uren en meerkosten van de in te zetten materieelstukken en het invullen van de gegevens in de juiste formats kostte meer tijd dan voorzien (4 tot 6 weken i.p.v. 2 weken).

Voor het indienen van de subsidie aanvraag is een inschatting gemaakt van de benodigde inzet, op basis van ervaringen bij reguliere projecten zonder inzet van emissieloze/armer materieelstukken. Daarbij hebben wij aansluiting gezocht bij de Routekaart Schoon en Emissieloos bouwen. We hebben onderscheid gemaakt tussen mobiele werktuigen op de bouwplaats en bouwlogistiek van en naar de bouwplaats. In bijlage 1 staat welke machines traditioneel waren voorzien en welke zijn vervangen door een emissieloze, of indien niet beschikbaar een emissiearme, variant. In hoofdstuk 7 is deze inzet vergeleken met de Routekaart Schoon en Emissieloos bouwen van het SEB.

Het daadwerkelijke indienen van de subsidie gebeurde tijdig en succesvol.

Lessons learned:

- De doorlooptijd aanvraag SPUK kost extra tijd in de projectplanning.
- Voor de subsidieaanvraag is het van belang al vroeg te weten welke machines worden ingezet. Deze moeten vroegtijdig vastgelegd worden bij eventuele partners. Wijzigingen in de planning kunnen direct gevolgen hebben voor vastgelegd materieel. Hierin moet direct geschakeld worden om de daadwerkelijk inzet te kunnen garanderen.

3.2 BESCHIKBAARHEID EMISSIELOZE/ARME MATERIEELSTUKKEN

Met dit pilotproject zijn wij voorloper op het gebied van emissieloos werken. Tijdens de uitvoering van het project (Q1, 2022) zijn er nog maar weinig emissieloze machines beschikbaar in Nederland. Naar de machines die wel beschikbaar zijn, is veel vraag. Het is daarom een uitdaging om de machines (tijdig) vast te leggen. Toch is dit wel een voorwaarde om de aangevraagde subsidie daadwerkelijk te krijgen. De tijd tussen vastleggen,

toekennen van subsidie en uitvoering kan groot zijn. Vooraf moet dus goed worden nagedacht of opdrachtnemers beschikbaarheid van materieel kunnen garanderen zo vroeg in het traject.

Vroegtijdig vastleggen van materieel kan ook een beperking opleveren in de ontwerpfasen doordat een deel flexibiliteit, of de mogelijkheid voor het doorvoeren van duurzame alternatieven, wegvalt.

Een voorbeeld uit dit pilotproject:

In het referentieontwerp kreeg de fietsstraat een asfaltverharding met een zwarte strook in het midden (0,84 m1) en twee rode stroken aan de buitenzijde (elk 2,00 m1). Tijdens het ontwerptraject kwam de mogelijkheid voorbij om een elektrische asfaltspreider van BAM in te zetten. Deze machine was te breed voor het asfalteren van de ontworpen rode rijloper van 2,00 m1. Omdat we de elektrische asfaltspreider wel graag wilden gebruiken, hebben we in overleg met de wegbeheerder besloten de asfaltverharding rijbaanbreed in een rode deklaag aan te brengen en in het midden te voorzien van een zwarte coating. Deze ontwerpaanpassing is last minute doorgevoerd. Dit kan alleen met een flexibel team dat op elkaar is ingespeeld en snel kan schakelen bij wijzigingen. Maar het laat ook zien dat, door het nog beperkte aanbod van emissieloze werktuigen, machines soms maatgevend kunnen zijn voor je ontwerp. De elektrische asfaltspreider was uiteindelijk niet tijdig beschikbaar voor dit project.

Lessons learned:

- Kijk bij het bepalen van het type in te zetten emissieloos materieel ook naar beperkingen die dit kan hebben op het ontwerp (zoals aan te brengen rijbaanbreedtes).

3.3 AANTONBAARHEID EMISSIEREDUCTIE

Royal Haskoning DHV (RHDHV) is ingeschakeld voor het onafhankelijk berekenen van de emissiereductie. Op basis van de basiscalculatie van het referentieontwerp, is eerst een zwaartepuntanalyse uitgevoerd om te bepalen welke emissiebronnen de grootste emissie veroorzaken op het gebied van fijnstof, stikstof en CO₂.

Onderstaande drie machines veroorzaken de grootste emissie:

MATERIEEL	BROEIKAS-GASSEN CO ₂	STIKSTOF (NOX)	FIJNSTOF (PM ₁₀)
Vrachtwagens voor aan- en afvoer materialen	36 ton	811 mol	0,00322
Aggregaat	17,3 ton	181 mol	0,0048
Mobiele graafmachine	7,48 ton	78,3 mol	0,0021

**Lessons learned:**

- Opstellen van een zwaartepuntanalyse helpt om zo veel mogelijk reductie te behalen.
- Aan- en afvoer van materialen zorgt voor de grootste emissie in het pilotproject. Hiervoor zijn op dit moment (Q1, 2022) nog maar beperkte emissieloze alternatieven beschikbaar. Het beperken van de benodigde transporten door bijvoorbeeld hergebruik van materialen en/of reductie van de hoeveelheden, is een goed alternatief.
- Stem de benodigde input vooraf goed af met de externe auditeur (in dit geval RHDHV) voor het doorrekenen van de reducties. Hoe moet de data aangeleverd worden (in welke eenheden, etc.)? Ons advies is om hiervoor vanuit de auditeur een leeg invulveld aan te leveren met benodigde gegevens incl. gewenste eenheden (kg/ton/km/m¹/m² enz.) Zo wordt onvolledige of onduidelijke informatie voorkomen.

3.4 DEFINITIEVE PRIJSAANBIEDING

Het doel was om eind november 2021 de opdrachtverstrekking voor de realisatiefase af te ronden. De maand december kon dan gebruikt worden voor de voorbereidende werkzaamheden. Nadat bleek dat de subsidieaanvraag meer tijd kostte dan gedacht, is direct gekeken of een latere oplevering mogelijk was. Dit bleek mogelijk, waardoor we de tijd konden nemen voor het afronden van het uitvoeringsontwerp en de bijbehorende prijsaanbieding. Deze extra tijd bleek ook nodig.

Een van de belangrijkste lessen die we hebben geleerd voor de prijsvorming, is het detailniveau en de tijd die het kost om tot een prijs te komen voor het circulair hergebruik van materiaal. Bij een 'traditionele' calculatie kun je op hoofdlijnen hoeveelheden bepalen, zoals bijvoorbeeld kantopsluiting en elementenverharding. Bij hergebruik van materiaal zijn alle specificaties van de materialen nodig, zoals formaat, type, shadebeeld, kwaliteit hergebruik, enz. Dit vraagt meer details en dus meer tijd dan gebruikelijk.

Ook de fasering is van belang. Zo kwamen wij erachter dat de straatbakstenen waalformaat, die wij in fase 1 wilden gebruiken voor de Thorbeckestraat, pas vrijkwamen in fase 2 van het werk. Om deze klinkers te gebruiken, moesten wij al in fase 1 de parkeerplaatsen van fase 2 afsluiten. Dit was niet wenselijk i.v.m. het al aanwezige parkeerprobleem. Daarom is een wijziging in klinkerformaat doorgevoerd in fase 1. Dit zijn vraagstukken die bij een werk zonder hergebruik van materialen niet spelen.

Binnen het bouwteam is afgesproken dat de ene partij de hoeveelheden uitrekent en de andere partij de hoeveelheden controleert. Hierdoor is meteen een 4 ogen principe toegepast voor controle op de

aangeboden hoeveelheden. Het vooraf helder vaststellen van het detailniveau en uitgangspunten voor de hoeveelheden is daarom belangrijk.

Lessons learned:

- Hou rekening met meer benodigde uren (UTA) inzet (zoals projectleider, projectcoördinator, werkvoorbereider en calculator) tijdens de calculatiefase bij het circulair hergebruiken van materialen. Dit door de vele details die al in de calculatiefase nodig zijn.
- Stem vooraf goed af hoe en met welk detailniveau de hoeveelheden worden uitgewerkt.
- Kijk tijdens de ontwerpfase al naar de planning en fasering en de invloed hierop door hergebruik van materialen en inzet van (nog) beperkt beschikbaar emissieloos materieel.

3.5 DELEN VAN ERVARINGEN

Al in het voortraject is gestuurd op de mooie kans die het project biedt voor het delen van de duurzaamheidsdoelstellingen en de maatregelen die wij als bouwpartners aan dit onderwerp wilden koppelen. De ondertekening van de bouwteamovereenkomst was een eerste communicatiemoment. Helaas kon deze ondertekening niet live plaatsvinden i.v.m. de coronamaatregelen. Bij de start van het project is breder uitgepakt met een extra post op LinkedIn en diverse persmomenten. Zo was er op donderdag 24 februari 2022 een persmoment waarbij ook de wethouder aanwezig was. Vanuit diverse partijen zijn er locatiebezoeken geweest om kennis en ervaringen te delen. Het projectteam heeft bij o.a. platform WOW en de buyergroup emissieloos materieel een presentatie gegeven over het project. Ook zijn bezoeken geweest van o.a. Bouwend Nederland en de Groene Koers.

4**EMISSIELOOS/ARM BOUWEN**

Zwaar bouw materieel, zoals grondverzetmachines, funderingsmachines en grote vrachtwagens, veroorzaken het grootste deel van de totale emissie op de bouwplaatsen. Deze machines hebben nu nog vrijwel allemaal een dieselmotor. De sleutel naar een emissieloze bouwplaats is elektrificatie en waterstof. Klein elektrisch materieel is steeds beter verkrijgbaar en reduceert in dit project al veel emissie. Elektrificatie van groot materiaal gaat langzamer, omdat een accupakket in de machine niet voldoende vermogen levert. Voor dit project waren er nog geen waterstof aangedreven machines beschikbaar voor klein en groot materieel. Millenaar en Van Schaik hebben meerdere waterstof aangedreven vrachtwagens besteld, maar de levertijden zijn al meerdere keren verlengd. Daarom hebben we gekozen voor elektrisch materieel waar het kan. Als emissiearm alternatief hebben we gekozen voor HVO-brandstof in plaats van diesel.



Voor de realisatie van dit project was er voornamelijk klein en middelgroot materieel nodig. Hoewel er nog beperkte capaciteit is, komen de eerste materieelstukken (tijdspad Q1, 2022) beschikbaar. In onze zoektocht hebben wij daarom verder gekeken dan de beschikbaarheid van onze voorkeurspartners. Zo is er gekeken naar de inzet van een elektrische asfaltspredmachine van KWS en/of BAM. Na afstemming bleek dat deze machines in Q1 2022 nog niet operationeel waren of dat de primeur van de machine al was toegezegd aan RWS. Hierdoor is het helaas niet gelukt één van deze asfaltspredmachines daadwerkelijk in te zetten op ons werk.

Voor de overige machines is het wel gelukt om de inzet waar te maken, zoals vooraf in de SPUK-subsidie opgegeven. In onderstaande paragrafen staat per ingezet materieelstuk een toelichting met daarin de geleerde lessen voor toekomstige projecten.

4.1 LESSONS LEARNED INGEZET MATERIEEL

4.1.1 Mobiele werktuigen op de bouwplaats Elektrische mobiele kraan

Heijmans heeft samen met Cornelisse B.V. geïnvesteerd in een elektrische mobiele kraan. Dit is een compleet uitgevoerde 16 tons mobiele kraan met overdrukcabine en een draaikantelstuk. Bij de start van het werk was de kraan nieuw geleverd vanaf de fabriek. Daarbij was

aangegeven dat deze machine 8 uur moet kunnen draaien op één acculading. In de praktijk is gebleken dat deze 8 uur moeilijk haalbaar is. Het type werk, de locatie van het laadpunt en de buitentemperatuur zijn van grote invloed op het aantal draaiuren. Ook is gebleken dat het rijden met de mobiele kraan grote invloed heeft op de accucapaciteit. Om het elektrisch materieel voldoende snel op te laden, is gebruik gemaakt van een laadhub (zie paragraaf 5.3) Deze laadhub ligt op 3 km afstand van het werk.

TECHNISCHE GEGEVENS MACHINE

Motorvermogen	120 kW
Accucapaciteit	250 – 300 kWh
Voltage elektrische systeem	800 V

Wat hebben we gedaan zodat de kraan toch 8 uur kan werken:

- (Software) updates van de kraan.
- Inzet Accubootpack voor bijladen tijdens schaftpauze.

Lessons Learned:

- De inzet van (middelgroot of groot) elektrisch materieel is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid. Door de beperkte verkrijgbaarheid van materieelstukken is het tijdig inplannen van groot belang. Nadeel daarbij is dat opschalen in capaciteit en het wijzigen van de planning, door





bijvoorbeeld uitloop, kan leiden tot minder elektrisch materieel. Bij het vasthouden aan de inzet van enkel zero emissie materieel loopt de planning uit.

- Met een extra accuboostpack kan het aantal draaiuren van de mobiele graafmachine op een dag omhoog tot 8 uur.
- Updates van de machine kunnen de laadtijd terugbrengen tot 5 uur. Hierdoor hebben we tijdens één van de fasen probleemloos 's nachts door kunnen werken, met een laadpauze van 17:00 tot 22:00 uur.
- Machinisten zijn positief over de handling van de mobiele kraan, deze is niet veel anders dan een mobiele kraan op fossiele brandstof.
- Door de elektrische aandrijving bleek dat de 16 tons mobiele kraan met gestrekte giek meer hefvermogen heeft dan een traditionele mobiele kraan van dit formaat. Dit komt door het grotere tegengewicht van de accu's achter op de mobiele kraan.
- Laden op het werk is meestal geen optie i.v.m. het hoge verbruik (200 - 300 kWh/ dag). Het is verstandig tijdens de voorbereiding van een werk de mogelijke laadpunten al te inventariseren.
- Een groot deel van de emissie komt van de mobiele kraan. Deze vervangen door een zero emissie exemplaar levert een grote bijdrage aan de emissiereductie.

Elektrische midi-kraan

Naast de 16 tons mobiele kraan hebben wij een elektrische midi-graver 2,1 tons ingezet bij o.a. het plaatsen van kolken en het graven van proefsleuven. De machine is sinds 2020 in gebruik en er is inmiddels aardig wat ervaring mee opgedaan. De machine is een goed alternatief voor de traditionele fossiel aangedreven midigravers.



TECHNISCHE GEGEVENS MACHINE	
Motorvermogen	10 kW
Accucapaciteit	20 – 30 kWh
Voltage elektrische systeem	50 V

Lessons learned:

- De midigraver Limach E18.2 hoeft niet iedere dag aan de lader. Voor dit werk is hij achter op een aanhanger naar de laadhub gereden. Deze machine is niet opgeladen aan een openbare laadpaal, maar dit is wel mogelijk. Op de laadhub had deze machine een laadtijd van gemiddeld 4 uur.
- Kleinschalig graafwerk kan deze machine moeiteeloos. Het is hierin een perfecte vervanger van de dieselvariant.

Klein elektrisch materieel

Bij klein elektrisch materieel denken wij aan een minishovel/laadschop (3 tons), wackerstamper, trilplaat (tot 3 ton) en doorslijper. Deze materieelstukken zijn inmiddels breed beschikbaar in de markt en goed te gebruiken bij bestratingswerkzaamheden.



TECHNISCHE GEGEVENS MINISHOVEL	
Motorvermogen	6,5 kW
Accucapaciteit	20-30 kWh
Voltage elektrische systeem	50 V

**Lessons Learned:**

- De elektrische minishovel is net als de midgraver op de laadhub opgeladen. Dit ging perfect en de laadtijd bedroeg zo'n 4 uur. Het overige kleine materieel heeft continu 1 accu aan de lader liggen. Hiervoor is op loopafstand van het werk een oplaadpunt nodig. Dit kan een normaal 230v stroompunt zijn, maar deze moet wel veilig ingericht zijn. Het opladen van deze accu's in de keet heeft niet de voorkeur. Het is beter om hiervoor in een aparte container aparte stroompunten in te richten.
- De elektrische zware trilplaat (3 tons) hebben we als demo op het werk gehad. Dit is de eerste zware elektrische geschakelde trilplaat. Toch was hij te licht om de diesel 5 tons trilplaat volledig te vervangen. Een zwaardere elektrische variant zou pas na de bouwvak 2022 beschikbaar komen, wat te laat was voor deze werkzaamheden. De 3 tons geschakelde elektrische trilplaat werkte goed, ondanks zijn lichtere gewicht.
- Over het algemeen is klein elektrisch (hand) materieel goed verkrijgbaar en goed betaalbaar. Dit kan al als minimum variant op meerdere GWW-projecten worden ingezet.

Verduurzaming asfaltspreidmachine

Het verduurzamen van een asfaltspreidmachine is een enorme uitdaging, doordat er grote vermogens nodig zijn bij de inzet van deze machines.

Dynapac is in samenwerking met KWS ver in de ontwikkeling van een emissieloze spreidmachine, maar deze machine was (nog) niet inzetbaar voor dit project. Ook de elektrische spreidmachine van de BAM was niet beschikbaar voor dit project, net als de stroomwals van Versluys. Als emissiearm alternatief hebben wij daarom in dit project een asfaltspreidmachine Stage V toegepast i.c.m. HVO100.

Lessons learned:

- De diversiteit in emissieloze materieelstukken is beperkt. De elektrische spreidmachine bijvoorbeeld is nog maar beperkt beschikbaar. Voor de Hugo de Grootstraat kon op zich een elektrische spreidmachine gebruikt worden, maar deze machine was planning technisch niet beschikbaar. Deze machine is te breed voor het draaien van de rood/zwart configuratie in de fietsstraat en te smal voor het volledig kunnen draaien van de deklaag op de Valckenierstraat. De ontwerpkeuzes zijn dus van invloed op de machines die ingezet kunnen worden.
- De beschikbaarheid van elektrische asfaltspreidmachines is zeer beperkt.
- De emissie van een spreidmachine is door de geringe inzet in het totale project verantwoordelijk voor slechts een klein deel van de totale emissie van het project.

Aggregaten

Uit de zwaartepuntanalyse kwam naar voren dat het aggregaat voor de bouwstroom een van de grootste vervuilers is. Daarom is gezocht naar alternatieve emissieloze aggregaten. Elk overwogen alternatief heeft voor- en nadelen:

- **15 kVA Waterstof aggregaat van Bredenoord** (was bij de start van het project een innovatie)

VOORDELEN:

- Een emissieloos mobiel stroompunt.
- Geen vaste aansluiting nodig.

NADELEN:

- Het vermogen van het aggregaat is net te klein om het ketenpark van stroom te voorzien.
- Het aggregaat is vorstgevoelig en daarmee niet geschikt in deze uitvoeringsperiode.
- Niet kostenefficiënt doordat de opgewekte stroom relatief duur is.
 - *Stroomopbrengst is niet hoog genoeg.*
 - *Hoge huurprijs.*
 - *Bijvullen van het aggregaat met nieuwe waterstof is kostbaar.*
- Moet gevuld worden met demi-water. Hiervoor is transport nodig is en dat verhoogt de emissie.

- **35 kVA Accupack aangesloten op zonnepanelen**

VOORDELEN:

- Een emissieloos mobiel stroompunt.
- Geen vaste aansluiting nodig.
- Eenvoudig te verplaatsen.
- Hoeft niet bijgevoerd te worden met een brandstof.

NADELEN:

- Om deze opstelling operationeel te houden, zijn voldoende zonuren nodig. Deze is daarmee niet geschikt in deze uitvoeringsperiode.
- Niet kostenefficiënt vanwege hoge huurprijs en te weinig opbrengst zonnestroom.

- **35 kVA Accupack met een hybride aggregaat op HVO100**

VOORDELEN:

- Een bijna emissieloos mobiel stroompunt.
- Geen vaste aansluiting nodig.
- Eenvoudig te verplaatsen.
- Is kostenefficiënter dan de andere 2 opties.

NADELEN:

- Nauwelijks reductie op emissie stikstof en fijnstof, wel significante reductie op CO₂-emissies.
- Moet gevuld worden met HVO100 en dat levert transport op.

Na dit uitgebreide onderzoek is gekozen voor een vaste netaansluiting (zie hoofdstuk 5 voor een uitgebreidere toelichting). Deze voorkomt de uitstoot van een aggregaat op de bouwplaats.

**Duurzame keten**

Op de bouwplaats op de Hugo de Grootstraat zijn de nieuwe duurzame en geïsoleerde ecoketen (RC = 2.9) met dubbel glas (HR++) geplaatst. Deze zijn voorzien van ledverlichting en kunnen optioneel worden voorzien van zonnepanelen. De keten zijn voorzien van elektriciteit via een bestaande vaste aansluiting in de buurt. Dit was een 1-fase aansluiting, waardoor niet alle elektrische kachels, koffiezetapparaat, tosti-ijzer en de acculaders van handgereedschap tegelijkertijd gebruikt konden worden.

De doorlooptijd voor een vaste netaansluiting was ongeveer 30 weken, waardoor dit geen optie was (oplevering was gepland binnen circa 6 maanden). Heijmans heeft toen contact opgenomen met de woningbouwvereniging die als eigenaar bezig was met het verduurzamen van de woningen rondom de Hugo de Grootstraat. Zij maakten daarbij gebruik van één van de woningen als kantoorlocatie. Via de vaste net-aansluiting van deze woning voedden ze hun eigen ketenpark. Aangezien beide projecten elkaar qua planning leken op te volgen, leek dit een ideale oplossing. Helaas liepen de verduurzamingswerkzaamheden, als gevolg van de coronamaatregelen, uit op de planning. Hierdoor was de netaansluiting niet beschikbaar bij de start van onze werkzaamheden. Door de beperkte capaciteit van de netaansluiting (1 i.p.v. 3 fasen) was het niet veilig om ons ketenpark toe te voegen op deze aansluiting. Hierdoor heeft het projectteam ruim 2 weken in een niet verlichte en onverwarmde bouwkeet moeten werken, tot de volledige netaansluiting beschikbaar kwam. Hiermee was direct zichtbaar wat het belang is van een stabiele en voldoende zware netaansluiting. Dit creëert afhankelijkheid en daarmee een risico wanneer deze niet tijdig beschikbaar is.

Lessons Learned:

- Ecoketen moeten aangesloten worden op een meer fasen vast stroompunt om te voorkomen dat de zekering eruit springt.
- Een back-up emissieloos stroompunt is nodig voor het geval een vaste aansluiting toch niet haalbaar is.
- Zonnepanelen leveren niet altijd voldoende energie (vooral in wintermaanden) waardoor een vaste aansluiting of aggregaat/accu nodig is.
- Stroom onttrekken aan een laadpaal voor bijvoorbeeld de keet mag niet zomaar, terwijl dit wel perfect werkt (zie hoofdstuk 5 voor een verdere toelichting).

Duurzame schaftwagen

Naast de keten voor het UTA-personeel (uitvoerder, werkvoorbereider, projectleiding enz.) en vaste schaft-ruimtes, is ook een duurzame schaftwagen gebruikt (zie onderstaande afbeelding). Dankzij een dubbelwandig geïsoleerd dak, vloerisolatie, ledverlichting, infrarood-paneel voor verwarming en zonnepanelen met een accupakket, is geen aggregaat meer nodig voor energieverbruik. De schaftwagen is volledig zelfvoorzienend. Bijkomend voordeel is dat hierdoor ook geen geluids-overlast ontstaat door gebruik van een aggregaat.





Deze keten waren helaas nog niet beschikbaar bij de start van het project. In week 16 zijn de keten geleverd. Deze hebben nog twee weken op de bouwlocatie gestaan als vervanging van de duurzame keten. Ze moesten worden verwijderd i.v.m. de OCE vrijgave van de boomgaten en het aanbrengen van de halfverharding in de groenstrook.

4.1.2 Bouwlogistiek van en naar de bouwplaats

De transportsector voor bulkgoederen is nog niet ver op het gebied van emissieloos vervoeren. De eerste elektrisch aangedreven vrachtauto's zijn inmiddels heel beperkt inzetbaar. De eerste ervaringen zijn ook vooral gericht op regionaal vervoer, omdat de actieradius van deze vrachtauto's nog beperkt is. Dat komt door de beschikbare accucapaciteit en door het gewicht dat de accu's toevoegen aan de vrachtauto. Dit moet nog verder geoptimaliseerd worden. De verwachting is dat dit binnenkort wordt uitgebreid met waterstof aangedreven vrachtauto's met een grotere actieradius. Zo heeft Millenaar en Van Schaik waterstof aangedreven vrachtauto's besteld.

Elektrische knijperauto

Op dit pilotproject is enkele dagen gebruik gemaakt van een volledig elektrische knijperauto. Dit voertuig heeft een beperkte actieradius. Daarom hebben we deze

alleen gebruikt voor transporten op het werk en van en naar de depots. Voor grotere afstanden, zoals het afvoeren van grond naar de groundbank in Beuningen, is de accucapaciteit (nog) te beperkt. Bovendien zouden dit soort grootschaligere (grond)transporten bij een traditioneel werk worden uitgevoerd met grotere voertuigen zoals een 8x4 of trailers. Deze grotere voertuigen zijn op dit moment nog niet emissieloos beschikbaar. Het inzetten van een emissieloze (kleinere) knijperauto klinkt in eerste instantie logisch, maar deze auto is qua laadvermogen niet ontworpen voor dit soort werkzaamheden. Zolang emissieloos transport nog niet algemeen verkrijgbaar is, moet altijd een goede afweging worden gemaakt of het loont om met kleinere elektrische voertuigen werkzaamheden uit te voeren die eigenlijk voor grotere voertuigen geschikt zijn. Vaak is een keuze voor groter materieel op HVO100 dan een betere keuze.

Op de andere dagen is gebruik gemaakt van een (hybride) knijperauto. In het begin van het project was dit een traditionele knijperauto op HVO100. Halverwege het project is er een nieuwe hybride variant geleverd. Dit was een knijperauto met EURO 6 motor en HVO100 en een accupakket voor een elektrisch aangedreven kraanopbouw. Het knijperen op de bouwplaats veroorzaakt dan geen uitstoot.





Elektrische trekker-opleggercombinatie

In de zoektocht naar duurzaam materieel is verder gekeken dan het Heijmans materieel en dat van haar partners. Zo heeft Struyk Verwo het bestratingsmateriaal geleverd met een volledig elektrische trekker-opleggercombinatie. Doordat wij veel materialen hebben hergebruikt, is het aantal vrachten beperkt. Het inzetten van dit voertuig voor één dag was voldoende voor het leveren van alle benodigde bestratingsmaterialen. Wel is hier een spanningsveld tussen theorie en praktijk. Het aanleveren van de vooraf geplande materialen is goed inpasbaar en planbaar. Maar er is vrijwel geen flexibiliteit bij onjuiste leveranties of te weinig materialen. Dan wordt alsnog een fossiel aangedreven trekker ingezet.

Lessons Learned:

- Er zijn weinig emissieloze alternatieven beschikbaar, terwijl transport zorgt voor ca 40% van de totale emissies bij logistiek. De urgentie en noodzaak om ook deze machines emissieloos te

maken is dus hoog.

- HVO100 is een kostentechnisch goed alternatief, maar draagt minder bij aan schone lucht. Dat komt omdat vooral op CO₂ (ca. 60% reductie) bespaard wordt en minder op stikstof (0% reductie) en fijnstof (0% reductie). Er wordt nog steeds veel onderzoek gedaan naar hoe duurzaam HVO100 daadwerkelijk is. De uitkomsten hiervan waren tijdens dit pilotproject nog niet beschikbaar.
- Voor de kostenefficiëntie is HVO tanken beter dan ZE materieel inzetten om CO₂-reductie te bereiken.
- Om 100% zekerheid te hebben dat de vrachtauto's op HVO100 rijden, moeten de tanks van vrachtauto's eerst geleegd en gereinigd worden. Daarna kunnen ze gevuld worden met HVO100. In de praktijk gebeurt nog vaak dat de tank, met restanten diesel, aangevuld wordt met HVO-brandstof. Hierdoor rijdt de vrachtauto op een blend (HVO75, HVO50, HVO20, etc.) en niet op zuiver HVO100. Het legen, reinigen en apart vullen brengt natuurlijk wel extra kosten met zich mee.





5

OPLAADVOORZIENINGEN

Emissieloos werken met elektrisch materieel kan niet zonder laadvoorziening. Voor dit pilotproject hebben wij een specifiek laadplan opgesteld om te voorzien in een goede laadvoorziening op en rond de bouwplaats.

5.1 INVENTARISATIE LAADBEHOEFTE

Om de doelstellingen van dit project te halen, zijn meerdere emissieloze (mobiele) werktuigen ingezet. Uit inventarisatie bleek dat er voornamelijk batterij-elektrische (mobiele) werktuigen beschikbaar waren. Daarbij worden de elektromotoren van stroom voorzien door accupacks in plaats van bijvoorbeeld waterstof. De accupacks zijn in dit project altijd opgeladen via een stekker. Hierdoor is op of nabij het werk laadcapaciteit nodig waarbij zowel laadsnelheid als meerdere laadpunten belangrijk zijn.

Om inzicht te krijgen in de benodigde laadcapaciteit is de laadbehoefte van onderstaande emissieloze (mobiele) werktuigen in kaart gebracht. Dit zijn de (mobiele) werktuigen met de meeste inzet in dit project. De benodigde laadtijd hangt natuurlijk af van het vermogen van het laadpunt.

5.2 INVENTARISATIE LAADMOGELIJKHEDEN

Steeds meer (mobiele) werktuigen op de bouwplaats zijn batterij-elektrisch. Oplaadcapaciteit op de bouwplaats wordt daarom steeds belangrijker. Vooral de grotere machines, zoals graafmachines, hebben forse verbruiken. Ook worden veel (mobiele) werktuigen

tegelijktijd ingezet. Om al deze werktuigen voldoende operationeel te houden, moeten er voldoende (snel) laadmogelijkheden op of bij de bouwplaats zijn.

De inventarisatie van laadmogelijkheden is onderverdeeld naar de grootte van de (mobiele) werktuigen.

CATEGORIE	SUBCATEGORIE	VOORBEELD
(Mobiele) Werktuigen op de bouwplaats	Handgereedschap en klein materieel	Doorslijper, boormachine, knikmops, midigraver, trilplaat, stamper, etc.
	Groot materieel	Graafmachine, veegzuigwagen, etc.
Logistiek	Personenvervoer	Personenauto's zoals Tesla, Hyundai, Peugeot
	Transport	Knijperauto, trekker/oplegger combinatie, etc.

5.2.1 Elektrische logistiek

Hierbij gaat het over vervoer van en naar de bouwplaats van personeel, (bouw)materialen en (mobiele) werktuigen. We maken onderscheid tussen laadvoorzieningen op de bouwplaats (meer gericht op personenvervoer en werktuigen) en laadvoorzieningen buiten de bouwplaats (meer gericht op transport).

Laadvoorziening op de bouwplaats

Voor het elektrische personenvervoer kan er een tijdelijke laadpaal op de bouwplaats geplaatst worden. Vanuit een openbaar laadpunt kunnen, via een speciale

(MOBIELE) WERKTUIGEN OP DE BOUWPLAATS	GESCHAT VERBRUIK PER DAG	BENODIGDE LAADTIJD	LAADAANSLUITINGEN
Elektrische mobiele kraan	180 – 220 kW	5 uur	Type 2
Elektrische midigraver	20 kW	5 uur	Type 2
Elektrische shovel	15 kW	5 uur	Type 2
Elektrische veegwagen	200 – 250 kW	5 uur	Type 2
Elektrische stamper	2 kW	45 min	Acculader op 220 V / type F stekker
Elektrische trilplaat	2 kW	45 min	Acculader op 220 V / type F stekker
Elektrische doorslijper	1 kW	45 min	Acculader op 220 V / type F stekker
Elektrische directiekeet	16 kW	N.v.t.	Standaard bouwaansluiting type CEE
Accubox	Niet gebruikt	Niet gebruikt	Niet gebruikt

LOGISTIEK VAN EN NAAR DE BOUWPLAATS	GESCHAT VERBRUIK PER DAG	BENODIGDE LAADTIJD	LAADAANSLUITINGEN
Elektrische knijperauto	150 – 200 kW	6 uur	Type 2 of CCS
Elektrische bestelbusje	50 kW	6 uur	Type 2 of CCS
Elektrische personenauto	30 kW	5 uur	Type 2 of CCS
Elektrische trekker oplegger	200 – 250 kW	6 uur	Type 2 of CCS

Overzicht laadbehoefte emissieloze (mobiele) werktuigen



adapter en een paddenstoel, meerdere stroompunten gerealiseerd worden. Deze stroompunten zijn direct te gebruiken of er kan een tijdelijke laadpaal op geïnstalleerd worden. Naast gebruik voor personenauto's, zijn deze punten ook goed te gebruiken voor kleine emissieloze werktuigen (knikmops, midgraver, trilplaat, stamper, etc.) of handgereedschap. Er moet wel altijd een beschikbare openbare laadpaal in de buurt van het werk zijn. Een nadeel van gebruik van deze openbare laadpalen is dat buurtbewoners een oplaadpunt minder tot hun beschikking hebben. Zij zullen hun elektrische auto in de nacht willen opladen, wanneer ook de (mobiele) werktuigen opgeladen moeten worden.

In de buurt van de Hugo de Grootstraat zijn meerdere openbare laadpunten. Uit onderzoek bleek al snel dat deze laadpalen allemaal intensief gebruikt worden. Het constant bezetten van deze laadpalen voor het opladen van ons elektrisch materieel was dus geen optie.



In samenwerking met gemeente Arnhem is een nieuwe laadpaal in het werkvak geplaatst. Hiermee heeft de omgeving, na afloop van de werkzaamheden, ook een extra laadpaal (2 laadpunten met 11 kW bruto en 8kW netto per laadpunt) ter beschikking. De plaatsing gebeurde begin februari 2022, een maand later dan gepland. Aangezien wij ook later zijn gestart met de werkzaamheden, was de laadpaal alsnog bruikbaar. In het voortraject was er intensief contact tussen Heijmans, gemeente Arnhem en Allego over het gebruik van de adapter die geplaatst wordt op de laadpaal. Met zo'n adapter wordt de type 2 stekker aan de kant van de openbare laadpaal omgezet naar een bouwaansluiting type CEE. Helaas bleek na plaatsing dat Allego toch geen toestemming gaf voor het gebruik van deze adapter. Dit ondanks de aanwezige CE-markeringen en de eerdere afstemming. Allego heeft de laadpaal buiten werking gesteld, waardoor deze niet meer gebruikt kon worden voor het project.

Om de laadbehoefte op de bouwplaats zoveel mogelijk te beperken, is het een optie om werktuigen ingezet voor transport niet op de bouwplaats maar daarbuiten op te laden. Daarmee blijven de laadpunten op de bouwplaats zoveel mogelijk beschikbaar voor personenauto's, handgereedschap, kleine en grote werktuigen. Voor het opladen van groot materieel, zoals een mobiele kraan of knijperauto, is een openbare laadpaal op locatie geen optie, omdat er maximaal met 8 kWh per laadpunt geladen wordt. Maximaal 10 uur (tijdens de nacht) laden, is niet voldoende om de accu's van het grote materieel (met een dagelijks verbruik van 200 – 250 kWh) weer een dag te laten draaien. Wel kan een nieuwe netaansluiting aangevraagd worden.



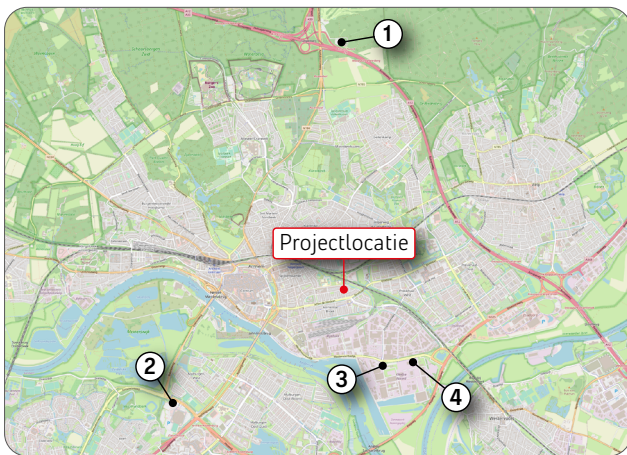
Laadvoorziening buiten de bouwplaats

Het aanvragen van een nieuwe netaansluiting (minimaal 63A) was hier geen optie i.v.m. de lange doorlooptijd en beperkte zwaarte van de te verkrijgen aansluiting. Daarom hebben wij contact opgenomen met diverse ondernemers in de directe omgeving die in het bezit zijn van een zware stroomaansluiting. Helaas is het niet te gelukt om een ondernemer te vinden die zijn stroomaansluiting beschikbaar wilde stellen voor het opladen van elektrisch materieel. Overdag was dit sowieso niet mogelijk i.v.m. de benodigde capaciteit voor hun eigen bedrijfsvoering. Maar ook in de avond- en nachturen was dit geen optie. Zo gebruikte een naastgelegen autodealer zijn capaciteit juist om in de nacht de eigen elektrische voertuigen op te laden. Daarnaast vroegen de ondernemers zich af of dit wel mag, omdat zij dan een soort stroomleverancier worden. Daarom is gezocht naar een alternatieve oplossing. Deze is gevonden in de Walstroom aan de Rijnkade (Nieuwe Havenweg). Hier is een zware stroomaansluiting beschikbaar met een onderstation waarop betrekkelijk eenvoudig een aansluiting voor een laadhub kon worden gerealiseerd. (Zie voor details §5.3)



Ook (snel)laadpunten in de buurt van de projectlocatie die geschikt zijn voor transportvoertuigen, kunnen gebruikt worden. Een nadeel is dat deze (snel) laadpunten mogelijk niet beschikbaar zijn.

1	Postiljon Hotel Arnhem (Allego)	12 minuten rijden	5x 350 kW (CCS) 1x 43 kW (type 2) 12x 22 kW (type 2)
2	Gelredome (Fastned)	9 minuten rijden	4x 175 kW (CCS) 1x 43 kW (type 2)
3	IPKW Westervoortsedijk	6 minuten rijden	2x 50 kW (CCS) 2x 43 kW (type 2) 56x 22kW (type 2)
4	Shell Westervoortsedijk	6 minuten rijden	4x 175 kW (CCS) 4x 70 kW (CHAdemo)



5.3 LAADHUB

Aan de Binnenhavenstraat in Arnhem is een laadhub gerealiseerd (zie onderstaande foto). Er bleek ruimte over te zijn voor een extra power lock aansluiting op de bestaande trafo. Deze hoofdaansluiting was 2MVA (2000 kVA) en 300 A per fase. De aansluiting was optioneel eenvoudig uit te breiden tot 3 x 400A. Aangezien voor onze werkzaamheden deze zwaarte niet nodig was, is voor de bouwhub een aansluiting van 3 x 250 A (ongeveer 175 kW) toegepast. Deze aansluiting is binnen een container door meerdere meterkasten doorgelust tot meerdere laadpunten:

- 3 laadpunten 3 fase 32 AMP op 380 volt.
- 1 laadpunt 3 fase 63 AMP op 380 volt.
- 1 laadpunt 3 fase 16 AMP op 380 volt.
- 9 laadpunten 1 fase 16 AMP op 230 volt.

Er waren tegelijkertijd meerdere laadpunten beschikbaar voor verschillende typen mobiele werktuigen. Met voldoende bouwhekken en een bouwwatch is de laadhub vandalismeproof ingericht. Alle bouwplaatsen van Heijmans maken gebruik van groene stroom.

Aan het einde van de werkdag reed een auto met aanhanger en daarop de midigraver en shovel naar de laadhub om de midigraver en shovel op te laden. De elektrische mobiele kraan en knijperaauto reden zelf naar de laadhub om op te laden.





5.4 OVERZICHT INZET WERKTUIGEN VAN, NAAR EN OP DE BOUWPLAATS

In onderstaand overzicht staan de emissieloze (mobiele) werktuigen die ingezet zijn tijdens dit project. Per werktuig is de laadlocatie en benodigde laadtijd aangegeven.

De totale theoretische dagelijkse laadbehoefte was ca. 1050 kWh. Dit is een maximaal verbruik dat alleen van toepassing is wanneer alle elektrische machines tegelijk geladen zouden worden op de laadhub en deze volledig van 0% tot 100% worden opgeladen. Dit is natuurlijk niet realistisch, omdat niet alle machines volcontinu op de bouwplaats worden ingezet en er altijd restcapaciteit aanwezig is in de accu wanneer deze wordt opgeladen.

Van begin februari tot eind april is uiteindelijk 16.400 kWh op de laadhub geladen door (mobiele) werktuigen en bouwlogistiek. Dat betekent dat er per dag ca. 275 kWh is verbruikt. Het daadwerkelijke verbruik ligt hiermee dus aanzienlijk lager dan het theoretische verbruik en is te verklaren doordat niet alle elektrische machines altijd op de laadhub hebben geladen, niet alle dagen (volcontinu) op het werk hebben gedraaid en er altijd nog sprake was van restcapaciteit in de accu bij aanvang van het opladen.

5.5 ERVARINGEN EN AANBEVELINGEN

Gelet op het bijzonder grote belang van een stabiele en goede laadinfrastructuur bij inzet van emissieloze werktuigen, hebben wij in onderstaande paragraaf een extra overzicht opgenomen van de ervaringen en aandachtspunten/uitdagingen voor toekomstige

projecten. Ondanks onze overwegend positieve ervaringen na realisatie van het project, zijn er zeker nog aandachtspunten en uitdagingen voor toekomstige projecten.

▪ Laadpunten:

- De laadhub is in een aantal weken gerealiseerd. Dit is inclusief de benodigde power lock aansluiting op de trafo. Normaal gesproken duurt het aanvragen van een tijdelijke bouwkrachtstroomaansluiting 20 – 25 weken. Daarmee hebben we op dit project geluk gehad. We hebben heel snel kunnen schakelen door de aanwezige infrastructuur aan de Rijnkade en de contacten binnen de gemeente Arnhem. Dit project is qua doorlooptijd niet representatief ten aanzien van het realiseren van een (tijdelijke) krachtstroomaansluiting. Voor soortgelijke projecten moet een langere doorlooptijd worden aangehouden.
- Een laadpunt met 3 fase 63 AMP is voldoende om grotere machines, zoals de mobiele graafmachine, voldoende snel op te laden.
- Uit de ervaringen blijkt dat het werkt om de bouwlocatie in te richten op basis van een duidelijk laadplan. Hiervoor is op dit project het opladen van de (mobiele) werktuigen meegevallen. Door de laadhub hadden we ruimschoots voldoende laadpunten met voldoende vermogen om de (mobiele) werktuigen operationeel te houden. Toch zijn er ook laadmogelijkheden die vooraf kansrijk leken, niet doorgezet. Een voorbeeld hiervan is de openbare laadpaal met een adapter. Uiteindelijk hebben we maar een aantal dagen gebruik kunnen maken van

(MOBIELE) WERKTUIGEN OP DE BOUWPLAATS	GEMONITORD VERBRUIK PER DAG	OPERATIONELE UREN	BENODIGDE LAADTIJD	LAADAANSLUITINGEN	LAADLOCATIE
Elektrische mobiele kraan	210 kW	6-7	5 uur	Type 2	Laadhub en accubox
Elektrische midigraver	15 kW	8	5 uur	Type 2	Laadhub en accubox
Elektrische shovel	23 kW	8	5 uur	Type 2	Laadhub en accubox
Elektrische veegwagen	180 kW	4 - 6	5 uur	Type 2	Niet geladen op project
Elektrische stamper	2,16 kW	40 minuten	45 min	Acculader op 220 V / type F stekker	Vaste netaansluiting
Elektrische trilplaat	2,16 kW	40 minuten	45 min	Acculader op 220 V / type F stekker	Vaste netaansluiting
Elektrische doorslijper	216 W	20 minuten	45 min	Acculader op 220 V / type F stekker	Vaste netaansluiting
Elektrische directieket	16 kW	N.v.t.	N.v.t.	Standaard bouwaansluiting Type CEE	Vaste netaansluiting

LOGISTIEK VAN EN NAAR DE BOUWPLAATS	GEMONITORD VERBRUIK PER DAG	RIJBEREIK	OPERATIONELE UREN	BENODIGDE LAADTIJD	LAAD-AANSLUITINGEN	LAADLOCATIE
Elektrische knijperauto	230 kW	180 – 210 km	8	6 uur	Type 2 of CCS	Laadhub
Elektrische bestelbusje	38 kW	230 – 270 km	4	6 uur	Type 2 of CCS	Laadhub
Elektrische personenauto	25 kW	315 – 400 km	4	5 uur	Type 2 of CCS	Openbare laadpaal
Elektrische trekker oplegger	Niet geladen op project	Onbekend.	Niet geladen op project	Niet geladen op project	Type 2 of CCS	Niet geladen op project

Overzicht emissieloze (mobiele) werktuigen die ingezet zijn tijdens dit project



de openbare laadpaal i.c.m. met een CE-gekeurde adapter. De laadpaal is door Allego buiten werking gesteld omdat zij besloten dat dit oneigenlijk gebruik is van hun laadpalen.

- Tips voor het gebruiken van een openbare laadpaal:
- Zorg voor een project overstijgende goedkeuring voor het gebruik van laadpalen voor dit soort doeleinden.
 - Maak bij voorkeur gebruik van een nieuw geplaatste laadpaal, zodat er geen laadplaatsen worden ingenomen van bewoners.
 - Vraag een nieuwe laadpaal tijdig aan i.v.m. de lange doorlooptijden.
 - Na het project een nieuwe laadpaal 'achterlaten' kan een mooi gebaar zijn naar de omgeving.
 - Hou rekening met hogere tarieven voor een laadpaal, zoals een starttarief per laadsessie.
 - Onderzoek wat de maximale duur is van een laadsessie. Mogelijk wordt de sessie na verloop van tijd automatisch afgesloten. Hierdoor wordt bijvoorbeeld pas in de ochtend geconstateerd dat de verwarming niet is aangegaan en accu's in de nacht niet zijn opgeladen.
- Op de laadhub hadden we een mobiel laadpunt voor personenauto's. Dit punt werkte goed. Wel bleek één laadpunt te weinig, waardoor tijdens het project is uitgebreid naar twee oplaadpunten.

▪ (Mobiele) werktuigen:

- Het kleine handgereedschap heeft altijd 1 accu die aan de oplader hangt. Er moet daarom een laadpunt op loopafstand van het werk beschikbaar zijn om even snel van accu te kunnen wisselen. We hebben in de directieket een tafel ingericht om deze accu's op te laden. Het is beter om in een afgesloten container een aparte werkbank in te richten waar de accu's op opgeladen kunnen worden. Dit vergroot de veiligheid. De stroomaansluitingen kunnen deugdelijk worden aangelegd en er is geen risico op doorlussen van stekkerdozen. Ook liggen de opladers niet in de weg in de directieket.
- De kleine (mobiele) werktuigen hebben we op aanhangers richting de laadhub gereden om daar op te laden. Dit werkte goed. Uiteindelijk hebben we daardoor deze (mobiele) werktuigen niet hoeven op te laden aan een openbare laadpaal.
- Een deel van de (mobiele) werktuigen is op 1 acculading 8 uur operationeel, maar dat geldt niet voor alle (mobiele) werktuigen. Een accubox op het werk is hiervoor mogelijk een oplossing. De mobiele kraan bleek bijvoorbeeld niet de volle 8 uur operationeel. Na een software-update van het accumanagementsysteem was dit wel het geval. Met een accubox van 50 kWh kan de mobiele kraan ca. 10 uur werken.
- Een snellaadcontainer was uiteindelijk niet nodig op het werk omdat we een laadhub hebben kunnen realiseren. De laadhub heeft goed gewerkt. Toch

heeft het de voorkeur om zo'n grote aansluiting direct op het werk te realiseren. Het kost nu 's ochtends en 's middags een half uur extra om de (mobiele) werktuigen af en aan te koppelen en naar of van het werkterrein te rijden. De snellaadcontainer was nog niet beschikbaar tijdens de uitvoering van het werk. Ook heeft ook een snellaadcontainer nadelen: hij is extreem zwaar en moet vervoerd worden naar een laadpunt om bijgeladen te worden. Dit is een minder duurzame oplossing i.v.m. de benodigde productie van de accu's.

- Er is een accubox van 45 kVA en 50 kWh ingezet bij de mobiele kraan. Tijdens de schaft kon de mobiele kraan bijgeladen worden, zodat hij langer operationeel was. Deze box stond op een aanhanger en kon achter de mobiele kraan gemonteerd worden om op de laadhub te komen. Dit werkte goed. De accubox heeft wel te weinig capaciteit om alle machines op het werk bij te laden. Ook moet er 30% accucapaciteit overblijven voor transport van de accubox i.v.m. veiligheid.
- De elektrische knijperauto is op de laadhub opgeladen. Dit werktuig is goed binnenstedelijk in te zetten, ook omdat deze zo stil is. De laadbak is wel kleiner dan een standaard diesel aangedreven 6x2 knijperauto.

6

DUURZAAMHEIDSKANSEN

6.1 VASTSTELLEN ONTWERPVRIJHEDEN

De gemeente Arnhem had vooruitlopend op de bouwteamsamenwerking al een referentieontwerp uitgewerkt: de basis voor de verdere uitwerking. In het ontwerpoverleg is de 'geschiedenis' van het referentieontwerp toegelicht aan het bouwteam, net als de al gemaakte keuzes en gehanteerde uitgangspunten.

Aansluitend heeft de PSU plaatsgevonden. I.v.m. de coronamaatregelen gebeurde dit digitaal via Teams. Hierin hebben alle teamleden kennisgemaakt en is de gezamenlijke visie gepresenteerd en besproken. Een belangrijk doel van de PSU was om vast te stellen welke ontwerpvoorwaarden er waren voor het vervolgtraject en in hoeverre de beheerders openstonden voor innovaties of wijzigingen in het referentieontwerp. Dit laatste bleek zeker het geval te zijn. Het pilotproject had binnen de gemeente Arnhem een groot draagvlak. Beheerders stonden open voor innovaties en het bouwteam heeft hier een grote vrijheid in gekregen.

Lessons learned:

- Stel vooraf de ontwerpvoorwaarden vast in de zoektocht naar (duurzame) ontwerpoptimalisaties.
- Onderzoek zo vroeg mogelijk in hoeverre er van de geldende standaard mag worden afgeweken.



Zoals eerder genoemd, is er binnen het project ook gekeken naar het inpassen van duurzaamheidskansen op materiaalgebruik en duurzame toepassingen. Hieronder een toelichting op de duurzaamheidskansen die zijn onderzocht en deels zijn toegepast.

6.2 MEER GROEN EN MINDER VERHARDING

In het ontwerp hebben wij kritisch gekeken naar daadwerkelijk benodigde breedtes van voetpaden, rijbaanbreedtes en aanwezige, en daadwerkelijk benodigde, looproutes. Hierdoor hebben we uiteindelijk 560 m² verharding omgevormd tot groen binnen het project. Ook zijn er vijf extra bomen geplant.

6.3 AFKOPPELEN HWA

Een deel van het projectgebied in het noordelijke deel (traject spooronderdoorgang - Ulrik Huberstraat) kent een natuurlijk hoogteverloop. Daarom is de mogelijkheid onderzocht voor bovengrondse afvoer en infiltratie in een wadi in de groene middenstrook. Om te voldoen aan de afwateringseis, was een behoorlijk oppervlak nodig voor de wadi's. Deze kwamen daarbij in de directe nabijheid van de bestaande (monumentale) bomen te liggen. O.a. dooizouten zouden daarbij een negatieve invloed kunnen hebben op de levensduur van deze bomen. Aanvullend onderzoek was nodig om eventuele gevolgen inzichtelijk te maken. Doordat dit aandachtspunt pas laat in het ontwerptraject naar voren kwam was er, zonder verdere uitloop van de planning, geen mogelijkheid om dit aanvullende onderzoek uit te voeren.

In overleg is afgesproken om de variant voor het afkoppelen van de HWA te laten vervallen. De winst van het afkoppelen woog niet op tegen de extra kosten en energie die deze oplossing vroeg.

Uiteindelijk is een gedeeltelijke afkoppeling ingepast in het uitvoeringsontwerp. Door een nieuwe HWA-verzamelleiding te leggen op een gedeelte van het traject (spooronderdoorgang - Thorbeckestraat) en deze aan te sluiten op de bestaande duikerverbinding onder de Hugo de Grootstraat, is alsnog een gedeelte afgekoppeld naar omliggend oppervlaktewater. Op de overige trajectdelen is gekozen voor het handhaven van het principe van afwatering via kolken. Deze zijn weer aangesloten op het gemengde rioolstelsel.

6.4 DUURZAAM ASFALTMENGSEL

De gemeente Arnhem heeft in het voortraject een onderzoek uitgevoerd naar de bodemgesteldheid en eventuele aanwezige verontreinigingen. Hieruit bleek dat er een grote bodemverontreiniging aanwezig is ten zuiden van de spoorbaan. Ook bleek dat de aanwezige fundatie onder de klinkerverharding zeer divers van aard was. Bij toepassing van een traditionele 3-laags asfaltverharding incl. puinfundatie zou er een aanzienlijke sanering uitgevoerd moeten worden. Ook zou een groot gedeelte van de puinfundaties

opgebroken moeten worden. Naast de extra uitstoot die dit oplevert, zou dit ook zorgen voor een aanzienlijke kostenverhoging.

Heijmans heeft een eigen mengsel ontwikkeld, genaamd Recoflex. Dit asfaltproduct is flexibel en sterk en ongevoelig voor vermoeiing. Het maakt gebruik van de bestaande, draagkrachtige ondergrond of fundering. Ook zwaar verkeer kan moeiteloos van de straat gebruik maken, waarbij de asfaltverharding enkel bestaat uit een 4,5 cm dikke laag Recoflex. Door gebruik van dit type asfalt werden 2 lagen asfalt bespaard. Omdat er geen draagkrachtgegevens beschikbaar waren van de ondergronden, is ervoor gekozen om over de gehele rijbaanbreedte een nieuwe puinverharding van 25 cm dik aan te brengen. Per saldo blijft er nog steeds circa 12 cm over, die niet hoefde te worden opgebroken of gesaneerd. Ook is het transport van en naar de asfaltcentrale aanzienlijk gereduceerd door gebruik van veel minder tonnen asfalt.

6.5 DUURZAME MARKERING

Wegmarkeringen vormen de basis voor een veilige weginrichting. De gebruikte materialen moeten een lange levensduur hebben, blijven functioneren onder slechte weersomstandigheden, geen extra geluids-overlast veroorzaken en bijdragen aan een beter milieu. Heijmans en Veluvine, een specialist in de productie en ontwikkeling van wegmarkeringsproducten, hebben gezamenlijk een nieuw wegmarkeringsmateriaal ontwikkeld dat aan alle bovenstaande eisen voldoet en meer: Thermolit Fabiola.

Bij de productie van dit markeringsmateriaal wordt gebruik gemaakt van natuurlijke, bio-based harsen die in samenstelling minder vervuילend zijn voor het milieu. Ook heeft het materiaal een verhoogde stroefheid en betere nachtzichtbaarheid en reflectie tijdens regen.

Dit type markering is binnen de gemeente Arnhem al eerder toegepast in het project 'Reconstructie Apeldoornseweg'.

6.6 (HER)GEBRUIK BESTRATINGSMATERIAAL

6.6.1 Hergebruik gebakken klinkers

De rijbaan van de Hugo de Grootstraat bestond voor de werkzaamheden uit gebakken bestratingmateriaal. Dit materiaal heeft een interessante restwaarde en leent zich zeer goed voor hergebruik in allerlei toepassingen. De trottoirs bestonden voornamelijk uit 300 x 300 mm betontegels. De tegels, straatbaksteken en kant-opsluitingen zijn al vroeg in het traject aangemerkt als mogelijk geschikte materialen voor hergebruik. Belangrijke voorwaarden daarbij is dat de materialen heel kunnen worden opgenomen en weer kunnen worden hergebruikt, de restlevensduur van de materialen nog voldoende is en de verwachtingen rondom beeldkwaliteit van tevoren helder zijn



afgestemd. Zo zijn er verschillende soorten betontegels en betonbanden toegepast binnen de werkgrenzen. Deze zijn ook wisselend van kwaliteit en uitstraling.

Het gebakken materiaal vanuit de rijbaan is op een aantal locaties opnieuw gebruikt:

- De gebakken klinkers uit de rijbaan zijn verwerkt in de parkeervakken.
- In de groenstrook tussen de Hugo de Grootstraat en de Graswinckelstraat was een klein pleintje met zitplaatsen. Het pleintje had geen mooie uitstraling door de gebruikte betonstraatstenen. Door toepassing van gebakken materiaal is de uitstraling van het plein opgewaarderd.
- Het overschot aan gebakken materialen is binnen de gemeentegrenzen hoogwaardig hergebruikt op andere projecten.

Lessons learned:

- Het uitwerken van hoeveelheden vergt bij hergebruik van vrijkomende materialen aanzienlijk meer inspanning. Er moet een onderverdeling zijn in de verschillende formaten (WF, DF, KF enz.). Het hergebruik en het moment van vrijkomen van de materialen moet ingepast worden in de planning/fasering. Hierdoor is er minder flexibiliteit voor wijzigingen tijdens de uitvoeringsfase.
- Maak een proefvak om de herbruikbaarheid van materiaal te toetsen (blijven de tegels bijvoorbeeld heel bij het opnemen en aftrillen.)
- Maak vooraf een rondgang met de wegbeheerder en het projectteam om de verwachtingen over de kwaliteit van bestaande producten en uitstraling af te stemmen. Hierdoor weten alle partijen in hoeverre hergebruik mogelijk is en hoe dit eruit ziet. Zo wordt ruis over bijvoorbeeld de beeldkwaliteit tijdens de oplevering voorkomen.

6.6.2 Leverantie duurzaam nieuw bestratingsmateriaal

In de nieuwe situatie is minder verhard oppervlak dan in de oorspronkelijke situatie. Hierdoor was er voldoende vrijkomend materiaal om het werk te maken. Ook kon breukverlies bij het opnemen van materieel goed worden gecompenseerd. Alleen voor trottoirbanden zijn 'specials' nieuw geleverd; denk aan verloopbanden of boogstralen die niet aanwezig waren in de oorspronkelijke situatie. Voor het gehele project was maar één vracht nieuw bestratingsmateriaal nodig.

Er was zeer weinig nieuw materiaal nodig. Daarnaast is duurzaam bestratingsmateriaal vooral gericht op tegels en klinkers. Daarom is er binnen het project, boven op de standaard secundaire toeslagmaterialen, geen duurzaam materiaal toegepast. Het gebruik van biobased materialen die bijvoorbeeld gedeeltelijk bestaan uit olifantsgras, was een optie. Maar de ervaringen hiermee, voornamelijk op het gebied van kwaliteit, lopen uiteen.

Struyk Verwo heeft ook CERO-bestringsmateriaal. In dit materiaal is het cement vervangen door een vulstof (bijv. vliegashoudend of hoogovenslak). Het voordeel hiervan is dat het een extreem lage CO₂ footprint heeft. De MKI-waarde is 41% lager dan traditioneel bestringsmateriaal en het product heeft dezelfde eigenschappen en uitstraling als conventioneel beton. De Hamer heeft een soortgelijk product waarbij, in samenwerking met Putman, vrijkomend betonpuin wordt hergebruikt in nieuwe materialen.

6.7 GEVELTUINTJES

Op een aantal locaties binnen het projectgebied grenst de bestaande bebouwing direct aan de trottoirs. Voorbeelden zijn de cafetaria en het reclamebureau op de hoek met de Johan de Wittlaan. Ook enkele gevels tussen de aansluiting met de Ulrik Huberstraat en de Van Slingelandtstraat grenzen direct aan het trottoir.

In het voortraject zagen wij kansen voor het toepassen van geveltuintjes. Bovengenoemde locaties bleken hiervoor de enige geschikte locaties. Bij nader onderzoek bleek dat de geveltuintjes op gemeentelijk grondgebied moesten worden geplaatst, tegen een gevel van in totaal drie verschillende eigenaren. Gelet op het beperkte oppervlak van de geveltuintjes zijn de geveltuinen niet doorgezet.

6.8 KOLKLEIDINGEN PVC

Voor de Pvc-buizen met diameters 125 en 160 mm is gebruik gemaakt van grijze Durofort Pvc-buizen. Voor grotere diameters is dit type buis op dit moment nog niet beschikbaar. Deze buizen bestaan voor 100% uit gerecycled materieel en zijn aan het einde van de levensduur zelf ook 100% recyclebaar. De innovatieve Durofort buis is een volwand Pvc-buis. Naast milieuvriendelijke eigenschappen heeft de buis sterke mechanische eigenschappen. De Durofort buis beschikt over dezelfde slagbestendigheid, maatvastheid en nominale ringstijfheid als een standaardbuis. De buis is compact, vol van gewicht en voldoet aan alle specificaties en eisen waaraan een KOMO-gecertificeerde buis moet voldoen. De Durofort buis heeft een hoge chemische resistentie en een zeer hoge belastbaarheid voor grond- en verkeerslast.





6.9 BEBORDING

Voor de RVW-bebording is gebruik gemaakt van een rugvel met een PVC-drager. De rugvellen, die bij het aanbrengen van verkeersborden van het retro-reflecterende materiaal worden gescheiden, worden verwerkt in het UPVC (Unplasticized Polyvinyl Chloride). De U in UPVC staat voor Unplasticized, dat 'zonder weekmakers' betekent. Met een aflopende garantie van 20 jaar op de folie, in combinatie met de drager, kan het gerecyclede UPVC meerdere levens hebben. Simpel gezegd: het kan een continue levensduur hebben als we hetzelfde product blijven recycleren.

7

CONCLUSIE

7.1 EMISSIES

Voorafgaand aan de realisatiefase heeft RHDHV een berekening gemaakt van de theoretische besparing op uitstoot. Deze is gebaseerd op de geplande draaiuren en materieelinzet uit de calculatie. Het bouwteam wilde ook een conclusie kunnen trekken op basis van de daadwerkelijk gedraaide uren. Hiervoor heeft Heijmans een nieuw ontwikkeld online dagboekportal gebruikt waarin onderstaande gegevens zijn bijgehouden:

- type duurzaam materieelstuk;
- brandstof;
- verbruik;
- aantal gedraaide uren;
- weer (i.v.m. invloed op accucapaciteit);
- omschrijving uitgevoerde werkzaamheden.

De daadwerkelijk gedraaide uren voor emissieloze en/of emissiearme machines (UO As-Built) is vergeleken met inzet van 'traditionele' machines met conventionele verbrandingsmotoren (UO Traditioneel). Voor de traditionele variant is een theoretische inschatting gemaakt van benodigde uren tijdens de calculatiefase van het UO, en er is uitgegaan van traditionele producties op basis van ervaringscijfers.

Het totaaloverzicht van de daadwerkelijke inzet is weergegeven in bijlage 1.

De resultaten zijn vergeleken met het verplichte basisniveau voor mobiele werktuigen en bouwlogistiek van de Routekaart Schoon en Emissieloos bouwen (SEB), zie bijlage 2. De vergelijking moet als volgt gelezen worden:

- **GROEN** betekent dat in het pilotproject volledig aan de eis is voldaan.
- **ORANJE** betekent dat in het pilotproject gedeeltelijk aan de eis is voldaan.
- **ROOD** betekent dat er in het pilotproject nog niet aan de eis is voldaan.

Uit dit vergelijk zijn de volgende conclusies gekomen:

- Voor Mobiele Werktuigen op de Bouwplaats is 100% voldaan aan het gestelde basisniveau voor 2023 en 2025.
- Voor Mobiele Werktuigen op de Bouwplaats is voor 89% voldaan aan het gestelde basisniveau voor 2028.
- Voor Mobiele Werktuigen op de Bouwplaats is voor 78% voldaan aan het gestelde basisniveau voor 2030.
- Voor Bouwlogistiek is 100% voldaan aan het gestelde basisniveau voor 2023, 2025, 2028 en 2030.

De daadwerkelijke materieelinzet is doorgezet naar RHDHV. Zij hebben in opdracht van de gemeente Arnhem de resultaten uit het pilotproject onderzocht. De hoeveelheden uitstoot van fijnstof, stikstof en broeikasgassen die samenhangen met de inzet van mobiele werktuigen en bouwlogistiek zijn in het project gerapporteerd. Een samenvatting van deze resultaten is in bijlage 4 in een Infographic weergegeven.

7.2 (MEER)KOSTEN

Naast de daadwerkelijke besparing in uitstoot, zijn ook de (meer)kosten voor de inzet van zero-emissie materieel onderzocht. Hierbij moet direct een disclaimer worden opgenomen.

Eén van de belangrijkste geleerde lessen betreft het belang van een stabiele, en voldoende zware, laadinfrastructuur. Hiervoor zijn aanzienlijke netaansluitingen nodig die niet overal beschikbaar zijn. Voor dit pilotproject hebben wij gebruik kunnen maken van de al bestaande infrastructuur aan de Nieuwe Havenweg in Arnhem. Hierdoor was het mogelijk om met beperkte kosten (circa 20K) een laadhub in te richten. Deze investering betrof circa 3% van de aanneemsom. Bij kleinere projecten zullen de kosten echter nagenoeg gelijk zijn. De ingerichte laadhub was qua grootte namelijk minimaal, doordat wij van elk materieelsoort maar één stuk hebben gebruikt. Procentueel kan de investering voor de laadhub bij kleinere werken dus al snel hoger uitvallen.

Als er een laadhub moet worden ingericht, zonder dat hiervoor al een zware netaansluiting beschikbaar is, zullen de kosten aanzienlijk toenemen en een groter percentage van de totale aanneemsom betreffen. Daarom adviseren wij om na te denken over het inrichten van definitieve laadvoorzieningen. Door deze eenmalig aan te leggen, kunnen de investeringskosten over meerdere projecten worden verdeeld en kan aan toekomstige opdrachtnemers een laadvoorziening ter beschikking worden gesteld door de opdrachtgever.

Vanwege de variabelen in de kosten voor het inrichten van de laadinfrastructuur, is voor dit pilotproject enkel gekeken naar de procentuele meerprijs per materieelstuk en de procentuele meerprijs van de inzet van



zero-emissie materieel t.o.v. de totale materieelinzet. Hierin zitten echter ook veel variabelen. Bepaalde tarieven zijn gebaseerd op (externe) huur, en voor andere kleine materieelstukken is geen meerprijs doorgevoerd vanwege bijvoorbeeld een eenmalige investering vanuit Heijmans als onderdeel van de verduurzamingsslag in het eigen materieel.

Onderstaand de procentuele meerprijs per materieelstuk:

INGEZET ZERO EMISSIE MOBIEL WERKTUIG	PROCENTUELE MEERPRIJS
Elektrische shovel/kniklader	35 %
Elektrische Zand Trilplaat (klein)	65 %
Elektrische Wackerstamper	100 %
Elektrische midigraver	30 %
Elektrische mobiele kraan	80 %
Elektrische veegzuigwagen	60 %
Elektrische knijperauto	75 %

Van de totale aanneemsom betrof het aandeel voor ingezet materieel 21%. Voor dit aandeel betreft de meerprijs voor de inzet van bovenstaande zero-emissie materieelstukken ten opzichte van traditionele materieelstukken met conventionele brandstoffen een meerprijs van 52%.

Naast de behaalde reducties op het gebied van emissies, is dus ook op het gebied van hinderbeleving door de omgeving een aanzienlijke reductie van overlast geconstateerd. Het volledige interview en de bijbehorende resultaten zijn weergegeven in bijlage 3.



OMGEVINGSENQUÊTE

Onderdeel van het pilotproject was ook het monitoren van het draagvlak en de ervaring van de directe omgeving op het werken met emissieloos materieel. Dit draagvlak en de ervaringen zijn onderzocht via interviews die zijn gehouden door RHDHV.

Tijdens de werkzaamheden zijn interviews afgenomen bij direct aanwonenden. De doelgroep bestond uit de bewoners van Hugo de Grootstraat nummers 2 t/m 46. De bewoners zijn door twee interviewers bevroegd over hun ervaringen tijdens de uitvoering. De vragen waren zowel kwantitatief als kwalitatief en hadden betrekking op onder andere de hinderbeleving en mening over emissieloos werken. Het belangrijkste doel was om het draagvlak en de ervaren meerwaarde van emissieloos werken te toetsen bij de directe omgeving.

Uit meting van de omgevingstevredenheid blijkt dat omwonenden aanmerkelijk minder overlast ervaren door gebruik van elektrisch materieel. Vrijwel alle bezoekers op de bouwplaats die vaker op bouwprojecten komen, ervoeren een unieke stilte. 'Ik ga er van fluisteren' was een veelgehoorde reactie.



UO (Traditioneel)

(MOBIELE) WERKTUIGEN op de bouwplaats (Per categorisering)	INGEZETTE TRADITIONELE (MOBIELE) WERKTUIGEN OP REGULIERE BRANDSTOF incl. emissieklasse en vermogen (kW)	INZET Draaiuren (uren)
Licht ('minimaterieel') (<19 kW)	Knikmops (Stage 3B, 19 kW)	376
	Zand Trilplaat (Stage 4, 3,6 kW)	20
	Wackerstamper (Stage 3B, 1,8 kW)	45
	Midigraver (Stage 3B, 30kW)	133
	Bandenzaag (Stage 2, 3.2 kW)	18
	Zwenklader (Stage 3B, 45 kW)	106
Licht (37-56 kW)	Tandentrilwals (Stage 3B, 55 kW)	32
	Drierolwals (Stage 3B, 56 kW)	32
Middelzwaar materieel (56-130 kW)	Mobiele kraan (Stage 3B, 120 kW)	263
	Grader (Stage 3B, 115 kW)	12
	Vrachtauto Markeringen (Euro 4, 184 kW)	18
	Fietspadmachine Infranology (Stage 4, 92 kW)	6
	Fietspadmachine asfalt (Stage 3B, 92 kW)	32
	Kleine tractor met frees/zaaimachine (Stage 4, 114 kW)	12
	Puinwals zelfrijdend (Stage 4, 60 kW)	9
Zwaar materieel (130-560kW)	Asfaltset groot (Stage 3B, 149 kW)	32
	Kleefwagen (Euro 4, 184 kW)	26
	Freesmachine K1000 (Stage 3B, 257 kW)	15
	Veegmachine groot (Euro 4, 184kW)	16
Specialistisch materieel (levensduur >15 jaar)	N.v.t.	N.v.t.
Zeer zwaar materieel (>560kW)	N.v.t.	N.v.t.
Bouwplaatsvoorziening	Aggregaat 36 kVA (Stage 3B)	660
	Draaiuren (weken)	
Bouwplaatsvoorziening	Standaard unit	12
	Standaard schaftwagen	12

UO (As-built)

INGEZETTE ZERO EMISSIE (MOBIELE) WERKTUIGEN incl. vermogen (kW)	INGEZETTE TRADITIONELE (MOBIELE) WERKTUIGEN OP HVO 100 incl. emissieklasse en vermogen (kW)	INZET Draaiuren (uren)
Elektrische shovel/kniklader Giant G2200E (6,5 kW)		454,5
Zand Trilplaat Wacker Neuson AP 2560 (2,24 kW)		20
	Grote trilplaat (Stage 5, 18,5 kW)	23
Wackerstamper AS60E (2,24 kW)		24
Elektrische midigraver Limach E18.2 (10 kW)		431,5
Bandenzaag Milwaukee MXF-CoS350-601 (6ah per accu)		80 acculadingen = 480 ah totaal
	Tandentrilwals (Stage 4, 55 kW)	17
	Drierolwals (Stage 4, 56 kW)	17
Mobiele kraan Doosan DX 165 W (120 kW)		438
	Grader (Stage 5, 115 kW)	16
	Vrachtauto markering (Euro 6, 150 kW)	18
	Fietspadmachine Infranology (Stage 4, 92 kW)	6
	Kleine tractor met frees/zaaimachine (Stage 4, 114 kW)	12
	Hoogwerker (Euro 6, 100 kW)	2
	Dynapac 2500 (Stage 5, 149 kW)	17
	Kleefwagen (Euro 6, 184 kW)	17
	Freesmachine K500, W50DC (Stage 4, 92 kW)	4
	Freesmachine K1000, W100CFI (Stage 4, 257 kW)	6
Elektrische veegzuigwagen DAF V65E (350 kW)		9,75
	RAVO veegmachine Johnston CX401 (Euro 6, 118kW)	3
Elektrische knijperaauto Volvo FE Electric (400 kW)		24
N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
50 kWh accupak (45 kVA)	N.v.t.	N.v.t.
	Draaiuren (weken)	
Duurzame directieunit	N.v.t.	9 weken
Duurzame 8 persoons schaftwagen met zonnepanelen	N.v.t.	3 weken



Pilotproject Emissieloos Werken

Hoogwaardige fietsroute Hugo de Grootstraat / Valckenierstraat Arnhem

Uitvoering februari - april 2022

Vergelijk ingezette (mobiele werktuigen) t.o.v. basisniveau voor mobiele werktuigen en bouwlogistiek van de Routekaart Schoon en Emissieloos bouwen (SEB).

(Mobiele) werktuigen Basisniveau op de bouwplaats	Traditioneel (mobiele) werktuigen	Ingezet (mobiele) werktuigen Zero emissie incl. kW	Ingezet (mobiele) werktuigen Minimale CO ₂ uitstoot door HVO100 incl. kW	SEB periode 1 1 JAN. 2023	SEB periode 2 1 JAN. 2025	SEB periode 3 1 JAN. 2028	SEB periode 4 1 JAN. 2030
Licht ('minimaterieel') (<19 kW)	Knikmops (Stage 3)	Elektrische shovel/kniklader (6,5 kW)		Geen eis	Geen eis	100% ZE	100% ZE
	Trilplaat (Stage 3)	Zand Trilplaat (2,24 kW)		Geen eis	Geen eis	100% ZE	100% ZE
	Trilplaat (Stage 3)	Grote trilplaat (10 kW)	Grote trilplaat (18,5 kW, Stage 5)		Geen eis	100% ZE	100% ZE
	Wackerstamper (Stage 3)	Wackerstamper (2,24 kW)		Geen eis	Geen eis	100% ZE	100% ZE
	Minigraver (Stage 4)	Elektrische midigraver (10 kW)		Geen eis	Geen eis	100% ZE	100% ZE
	Bandenzaag (Stage 2)	Bandenzaag Milwaukee MXF-CoS350-601 (6ah per accu)		Geen eis	Geen eis	100% ZE	100% ZE
Licht (37-56 kW)	Tandentrilwals (Stage 3Bi)		Tandentrilwals (55 kW, Stage 4)	Stage 3b	Stage 3b	100% ZE	100% ZE
	Drierolwals (Stage 3Bi)		Drierolwals (56 kW, Stage 4)	Stage 3b	Stage 3b	100% ZE	100% ZE
Middelzwaar materieel (56-130 kW)	Mobiele kraan (Stage 4)	Mobiele kraan (120 kW)		Stage 3b	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)
	Grader (Stage 3B)		Grader (115 kW, Stage 5)	Stage 3b	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)
	Vrachtauto MAN type L.2007 Euro V		Vrachtauto markering (150kW, Euro 6)	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
	Fietspadmachine (Stage 3Bi)		Fietspadmachine (Infranology) 92 kW, Stage 4)	Stage 3b	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)
	Nissan NT400, Euro V		Hoogwerker (100 kW, Euro 6)	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
Zwaar materieel (130-560kW)	Asfaltset (Stage 3Bi)		Dynapac 2500 (149 kW, Stage 5)	Stage 3b	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)
	Freemachine (Stage 3Bi)		Freemachine K500, W50DC (92 kW, Stage 4)	Stage 3b	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)
	Freemachine (Stage 3Bi)		Freemachine K1000, W100CFI (257 kW, Stage 4)	Stage 3b	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)
	Asfaltset (Stage 3Bi)		Fietspad asfaltmachine (55kW, Stage 4)	Stage 3b	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter	Stage 4 met roetfilter (2030) 100% ZE (2035)
	Veegmachine Euro V	Elektrische veegzuigwagen (350 kW)	RAVO veegmachine (Johnston CX401, Euro 6)	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
	Knijperauto Euro V	Elektrische knijperauto Volvo FE Electric (400kW)	Knijperauto (355 kW, Euro 6)	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
Specialistisch materieel (levensduur >15 jaar)	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Zeer zwaar materieel (>560kW)	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
Stationair (Beattery packs)	N.v.t.	50 kWh accupak (45 kVA)	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
	Standaard unit	Duurzame directieunit	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
	Standaard schaftwagen	Duurzame 8 persoons schaftwagen met zonnepanelen	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.

- **GROEN** betekent dat in het pilotproject volledig aan de eis is voldaan.
- **ORANJE** betekent dat in het pilotproject gedeeltelijk aan de eis is voldaan.
- **ROOD** betekent dat er in het pilotproject nog niet aan de eis is voldaan.



Pilotproject Emissieloos Werken

Hoogwaardige fietsroute Hugo de Grootstraat / Valckenierstraat Arnhem

Uitvoering februari - april 2022

Vergelijk ingezette bouwlogistiek t.o.v. basisniveau voor mobile werktuigen en bouwlogistiek van de Routekaart Schoon en Emissieloos bouwen (SEB).

Bouwlogistiek Basisniveau van en naar de bouwplaats	Traditioneel Bouwlogistiek	Voertuigen 100% zero emissie	Voertuigen Euro V/6/6d met HVO100	Voertuigen Euro V/6/6d zonder HVO100 incl. kW	SEB PERIODE 1 1 JAN. 2023	SEB PERIODE 2 1 JAN. 2025	SEB PERIODE 3 1 JAN. 2028	SEB PERIODE 4 1 JAN. 2030
N1 - Bestelbusjes	VW Caddy Euro V	Peugeot E-Traveller (100kW)	N.v.t.	Vakmannen Heijmans VW Caddy (125 kW)	Euro 5	Euro 6/Euro6d	100% ZE	100% ZE
	Ford Focus Euro V	• UTA elektrisch Tesla Model 3 (250 kW) • UTA elektrisch Hyundai Kona (190 kW)	N.v.t.	UTA Heijmans Ford Focus (92 kW)	Euro 5	Euro 6/Euro6d	100% ZE	100% ZE
N2 - Lichte vrachtwagens	Mercedes Benz 8 x 2 Euro V		Transport VKM (250 kW)		Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
	Mercedes Benz 8 x 2 Euro V		Vakmannen Heijmans (125 kW)		Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
	DAF 8 x 2 Euro V	Elektrische (..kWh) Knijperauto		Transport Coating (250 kW)	Euro V	Euro VI	Euro VI	100% ZE
N3 - Zware vrachtwagens	DAF 8 x 4 Euro V	Elektrische trekker/oplegger SVI (370 kW)	Vrachtwagen 8 x 4 Van Lijssel Asphalt (355 kW) (EURO 6)		Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI
	DAF 8 x 4 Euro V		Vrachtwagen 8 x 4 Van Lijssel Bodem (355 kW) (EURO 6)		Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI
			Vrachtwagen 6x6 met kraan (352 kW) (EURO 6)		Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI
			Vrachtwagens Putman (355 kW) (EURO 6)		Euro V	Euro VI	Euro VI	Euro VI

- **GROEN** betekent dat in het pilotproject volledig aan de eis is voldaan.
- **ORANJE** betekent dat in het pilotproject gedeeltelijk aan de eis is voldaan.
- **ROOD** betekent dat er in het pilotproject nog niet aan de eis is voldaan.

**Notitie / Memo****HaskoningDHV Nederland B.V.
Mobility & Infrastructure**

Aan: Gmeente Arnhem
Van: Anouk Langeveld, Tara Heshusius
Datum: 27-7-2022
Kopie:
Oms kenmerk: BG4228-MI-NT-220426-1402
Classificatie: Projectgerelateerd
Goedgekeurd door: Dennis Oude Wesselink

Onderwerp: Omgevingsmanagement en interviewresultaten aanleg SFR Hugo de Grootstraat / Valckenierstraat te Arnhem

Aanleiding

Herstructurering Hugo de Grootstraat – Valckenierstraat. De gemeente Arnhem heeft met een pilotproject 'emissieloos werken' invulling gegeven aan haar duurzaamheidsambities. Door middel van een zogenaamde SPUK subsidie heeft de gemeente een project uitgevoerd waarbij zoveel mogelijk emissieloos materieel wordt ingezet. Onderdeel van het pilotproject is het monitoren van de effecten waaronder het draagvlak en de ervaring van de directe omgeving. Dit draagvlak en de ervaringen zijn onderzocht met behulp van interviews. Deze memo geeft de resultaten hiervan weer.

Aanpak

Tijdens de werkzaamheden zijn interviews afgenomen bij direct aanwonenden. De doelgroep bestond uit de bewoners van Hugo de Groot straat nummers 2 t/m 46. De bewoners zijn door twee interviewers bevraagd over hun ervaringen tijdens de uitvoering. De vragen waren zowel kwantitatief als kwalitatief en hadden betrekking op onder andere de hinderbeleving en mening over emissieloos werken. Dit met als belangrijkste doel om het draagvlak en de ervaren meerwaarde van emissieloos werken te toetsen bij de directe omgeving.

Door het stellen van onder andere open vragen is een open dialoog gecreëerd en daarnaast een gevoel van betrokkenheid bij de werkzaamheden en dat de mening van de bewoner er ook toe doet. Uiteindelijk is deze informatie tijdens de inventarisatiemomenten verzameld om zo een goed beeld te krijgen hoe de bewoners tegen de werkzaamheden aankijken en hoe ze het persoonlijk hebben ervaren.



Format Interviewvragen

Week:

Datum interview:

Namen interviewer:

Vraag 1

Hoe bent u geïnformeerd over de werkzaamheden in uw straat?

- Informatieavond
- Bewonersbrief
- Anders.....

Vraag 2

Heeft u ervaring met de uitvoering van bouwprojecten en het geluid dat daar mee gepaard gaat?

- Ja
- Nee

Vraag 3

Op een schaal van 0 (weinig)-5 (veel). Hoe ervaart u geluidsoverlast van de bouwmachines op het werterrein?

Vraag 4

Wat vindt u ervan dat de machines steeds schoner worden (emissie loos werken-minder CO2 uitstoten)?

Vraag 5

Wat had volgens u anders gekund, bij de voorbereiding -en of werkzaamheden?

Vraag 6

Heeft u nog tips/aanvullingen voor de gemeente en aannemer voor een ander soortgelijk project waar dezelfde werkzaamheden zullen plaatsvinden.

- Tip 1:
- Tip 2:
- Tip 3:



Uitkomsten van de interviews

Op de volgende pagina's zijn de uitkomsten van de interviews schematisch weergegeven. Afbeelding 1 omvat de ruwe data, afbeelding 2 de samengevatte antwoorden van de interviews.



INTERVIEWS – ruwe data

Nr.	Hoe bent u geïnformeerd over de werkzaamheden in uw straat?	Heeft u ervaring met de uitvoering van bouwprojecten en het geluid dat daarmee gepaard gaat?	Op een schaal van 0 (weinig) tot 5 (veel). Hoe ervaart u geluidsoverlast van de bouwmachines op het werkterrein?	Wat vindt u ervan dat de machines steeds schoner worden (emissieloos werken - minder CO2 uitstoten)?	Wat had volgens u anders gekund, bij de voorbereiding en/of werkzaamheden?	Heeft u nog tips/aanvullingen voor de gemeente en aannemer voor een ander soortgelijk project waar dezelfde werkzaamheden zullen plaatsvinden?	Opmerkingen
1							
3	Bewonersbrief	Nee	2	Heel positief, uitstoot/geur van apparatuur en geluidsoverlast is minder	Vertraging niet over geïnformeerd, voor de rest positief	1. Parkeren is een probleem / overlast met parkeren, 2. Oversteek/draai wordt misschien een probleem, ligt kort op elkaar	
4	Anders, niets ontvangen, van burens gehoord	Nee	2 - positief over het geluid van machine's, weinig geluid/wisselende diensten	Voorstander	Fietsverkeer tijdelijk (gingen over trottoir); moeite met boodschappen in verband met operatie, woning was moeilijker bereikbaar, niet aaneengesloten hekwerk.	1. Beter en vaker informeren bewoners, 2. Voortijdig informeren over werkzaamheden, 3. Sociale onveiligheid/weinig parkeerplek waardoor je stuk moet lopen: meenemen in volgende projecten. Fietsverkeer/autoverkeer veiligheid	
5	Bewonersbrief	Nee	0 - alles goed	Goed	Alles goed	Ze missen bord: hier spelen kinderen, pas op!	
7							
9							
10	Informatieavond (meeschrijven plannen-mee-ontwerpen)	Ja, Installatiebouw infra, exportatie beheer onderhoud langdurige contacten	0 - fijn dat er elektrische machines worden gebruikt, geen overlast	Draagt bij aan verbeteren luchtkwaliteit, positief, gedacht aan duurzaamheid	Behoeft, wensen en belangen bewoners onvoldoende gehoord. Teveel eilandjes, weinig integraliteit. Merkbaar via communicatie (slecht, onvoldoende communicatie, parkeren, groen)	1. Meer integraal werken, 2. Luister naar de bewoners; doorvragen!, 3. Afspraken nakomen; uitleggen waarom bepaalde keuzes gemaakt worden via infoavonden: interactie aan de voorkant/start project	
11	Bewonersbrief	Ja, ervaring vanuit wegenbouw	0 - géén overlast	Geen geluid, Positief dat machines steeds schoner worden	Informatie verstrekken werkzaamheden tijdens uitvoering.	Hoe gevaarlijke straat op te lossen, zorg voor veiligheid kinderen uit de omgeving.	DO: verkeersveiligheid, zorg veiligheid kinderen. Toename drukte verkeer.
13	Bewonersbrief	Nee	2 - niet veel	Minder stof (fijnstof), minder lawaai	-	1. Combinatie buitenruimte-woonverbetering beter afstemmen, 2. Omleidingsroute had efficiënter gekund, nu vaak veel omrijden.	Overlast 's nachts van auto's, overlast (TNT) bussen bezorging. Meer handhaving BOA's.
15	Anders, niets ontvangen	Nee	0 - geen last	Geen ervaring mee	Werk moet gewoon gedaan worden (uitgevoerd)	Routing; in en uit de wijk is nu lastig, veel omrijden, dit kost veel tijd. Volgende keer efficiënter doen.	
17							
19							
20	Bewonersbrief	Nee, sinds hier wonend	0 - behalve hinder trilplaten	Zeker goed, voor het milieu	Tevreden geen opmerkingen	-	Zéér betrokken bij project (3 jaar). Zorgpunt bewoners: mobiliteit. Parkeerproblemen voor >2 ouders: betrokkenheid en inspraak bewoners. Voorkant betrekken van bewoners.
21	Bewonersbrief	Nee	0 - heel weinig/niet	Prima vooruitgang	Het gehele gebied gerenoveerd, waarom alleen maar even nummers in de straat. Zorg over te weinig parkeerplaatsen.	Signaleren dat steeds meer huishoudens meer dan +- 2 auto's hebben	
22	Informatieavond, bewonersbrief	Ja, zelf werkzaam geweest in de bouw	2 - ja, dit hoort erbij, spreek vanuit eigen ervaring	Zéér belangrijk voor het milieu	Verwachtingsmanagement uitspreken (communiceer tijdig met bewoners over vertraging)	1. Méér en eerder contact met de gemeente, 2. Tussentijds communicatie met de gemeente, 3. langzaam-snelverkeer	
23	Bewonersbrief	Nee	1 - isolatie van het huis was meer herrie (Hagemans)	Goed! Minder geluidsoverlast, alleen trillingen door trilplaat/wakkerstamper	Informeren over vertraging/onzekerheden	1. Misschien beter met andere partijen afstemmen (Hagemans), 2. Meer informatie, 3. Aanspreekpunt/inloopmoment in de keet.	Hagemans werkzaamheden en Heijmans waren teveel, meneer heeft een bepaalde route en kon deze niet meer volgen, vindt slecht geïnformeerd over de werkzaamheden.
24	Bewonersbrief	Nee	0 - niet, géén hinder	Goed dat dit gebeurt	Communicatie met zorginstellingen, slechte bereikbaarheid bewoner, kost veel tijd	Betere communicatie met zorg voor bewoners	
25	Bewonersbrief	Ja, ervaring, gewerkt in de bouw	5 - last, geduld op het eindresultaat	Minder lawaai, verder niet bewust mee bezig	Was voldoende	Mobiliteit kan beter, bereiken andere kant van de straat, planken/looppaden, route voor fiets, auto, voetganger	
26	Bewonersbrief	Nee	0 - prima	-	Fijn dat de werkzaamheden plaatsvinden, hele verbetering, zeker boomvlek	-	
27	Bewonersbrief	Ja, bouwproject/infraproject andere woonstraat	4 - te hard, onrustig slapen, verstoring slaap	Niet bewust mee bezig	Neutraal	-	
29							
31	Bewonersbrief	Nee	2 - geluid valt mee, het kan veel erger	Beter en geeft minder lawaai	Voldoende informatie ontvangen, begrip voor overlast werkzaamheden.	Combineren werkzaamheden woningen/openbare ruimte	
32	Bewonersbrief	Nee	0 - geen last	Beter, positief	Werk moet gedaan worden	-	
34	Bewonersbrief	Nee	0 - géén last -> ramen dicht	Hoe schoner, hoe beter	Brief was duidelijk genoeg	1. Bezorgen boodschappen, 2. Parkeren geeft problemen	
35	Bewonersbrief	Nee	3 - toch veel hinder van geluid van machine (trilplaat)	Minder geluidsoverlast, positieve vooruitgang	Neutraal	-	
36	Bewonersbrief	Nee	2	Goed, lucht schoner i.p.v. benzine	Geen	Geen	
37							
38	Bewonersbrief	Nee	0	Goed voor het milieu, toekomst onze kinderen	Geen parkeren	1. Straat wordt aangepast maar huizen niet, 2. waarom straat gerenoveerd maar de huizen niet? Dubbel glas, muizen, schimmel	
39							
40	Informatieavond, bewonersbrief	Ja, vervanging trottoir, kabels vervangen	2 - trilling van grond, achteruit rijden shovel	Fantastisch, geluidsoverlast daardoor minder	Fietsers en scooters over het trottoir - kabelboeren op trottoir bezig	Uitloop van project door communiceren en tijdig informeren	
41							
42	Informatieavond, bewonersbrief	Ja, riolering/kabels	2 tot 3	Heel goed, goed voor milieu, minder geluidsoverlast	Informeren tussendoor, neem bewoners mee in werkzaamheden	1. Meer rekening houden met fietsverkeer maar ook scooters, 2. aangeven dat het om een fietsstraat gaat	
44							
46	Bewonersbrief	Ja, vervanging van ramen van woning	0	Ja goed, positief	-	-	



INTERVIEWS – samenvatting antwoorden

Hoe bent u geïnformeerd over de werkzaamheden in uw straat? *	Heeft u ervaring met de uitvoering van bouwprojecten en het geluid dat daarmee gepaard gaat?	Aantal reacties	Op een schaal van 0 (weinig) tot 5 (veel). Hoe ervaart u geluidsoverlast van de bouwmachines op het werkterrein?	Aantal reacties	Wat vindt u ervan dat de machines steeds schoner worden (emissieloos werken - minder CO2 uitstoten)?	Aantal keer genoemd	Wat had volgens u anders gekund, bij de voorbereiding en/of werkzaamheden?	Aantal keer genoemd	Heeft u nog tips/aanvullingen voor de gemeente en aannemer voor een ander soortgelijk project waar dezelfde werkzaamheden zullen plaatsvinden?	Aanvullende opmerkingen per onderwerp
20x Bewonersbrief; 4x informatieavond; 2 niets ontvangen	Ja	8	0	12	Neutraal/geen ervaring	3	Geen opmerkingen/goed zo	10	Waarom wordt de straat gerenoveerd, maar de huizen niet?	Dubbel glas, muizen, schimmel
* In totaal waren er 24 reacties. In 2 reacties gaf men aan zowel de bewonersbrief te hebben ontvangen en aanwezig waren tijdens de informatieavond	Nee	16	1	1	Positief/goed voor het milieu	11	Moet nu eenmaal gedaan worden	2	Parkeren is een probleem	Oversteek/draai wordt misschien een probleem, ligt kort op elkaar. Signaleer dat meer huishoudens meer dan 2 auto's hebben
			2	7	Minder geluidsoverlast	9	Meer informatie verstrekken/geen informatie over vertraging	6	Verkeersveiligheid	Ze missen bord: hier spelen kinderen, pas op! Zorg voor veiligheid kinderen in de omgeving, combinatie fietsverkeer / autoverkeer
			Tussen 2 en 3	1	Schonere lucht	5	Slechte bereikbaarheid	2	Meer integraal werken	Combineren werkzaamheden woningen / openbare ruimte
			3	1			Verkeer over trottoir (niet veilig)	2	Luister naar de bewoners	Doorvragen! Betrek bewoners aan de voorkant, o.a. om parkeerproblemen te voorkomen
			4	1			Behoefte/wensen/belangen bewoners onvoldoende gehoord / zorg over te weinig parkeerplaatsen	2	Afspraken nakomen	Uitloop van project door communiceren / tijdig informeren!
			5	1			(Betere) communicatie met zorginstellingen	1	Leg uit waarom bepaalde keuzes gemaakt worden via infoavonden; interactie aan de voorkant van het project	
									Toegankelijkheid/bereikbaarheid bewaken	Veel omrijden, lastig in en uit de wijk komen, boodschappen bezorgen, bepaalde routes niet meer te volgen, omleidingsroute kon efficiënter, planken / looppaden en routes voor fiets, auto en voetganger
									Betere communicatie	Slecht geïnformeerd over de werkzaamheden, meer, eerder en tussentijds contact met de gemeente
									Afstemming met andere partijen	In dit geval Hagemans
									Aanspreekpunt / inlooppunt in de keet	
									Let op overlast	Toename drukte verkeer, 's nachts overlast van auto's, bezorgbussen, postbezorging. Meer handhaving BOA's. Combinatie Hagemans en Heijmans werk was teveel.
									Hou rekening met fietsverkeer / scooters	Geef aan dat het om een fietsstraat gaat



Samenvatting interviews

Van de 34 huishoudens hebben er 24 deelgenomen aan het interview. Dit is een respons van 70,5%. Van de huishoudens/bewoners die niet reageerden, wonen 9 van de 10 op een oneven huisnummer. Dit is aan de andere kant van de straat dan waar de werkzaamheden plaatsvonden. Uit de antwoorden van de interviews komt naar voren dat men relatief weinig overlast heeft ervaren. Een bewoner gaf aan: 'isoleren van het huis gaf meer herrie'. De meeste overlast werd ervaren in het midden van de straat. Dit is volgens verwachting, aangezien dit ook de locatie is waar de materiaalopslag en keet zich bevonden.

Emissieloos werken

Het doel van de interviews was om te achterhalen of de emissieloze uitvoering minder hinder tot gevolg heeft. Op drie neutrale reacties na, was iedereen erg **positief** over emissieloos werken. Dit wordt gezien als **goed voor het milieu** en er wordt duidelijk **minder geluidsoverlast** en **schonere lucht** ervaren. Door bewoners werd vaker genoemd: '**Minder fijnstof, minder lawaai, goed voor het milieu**'. Een bewoner zei zelfs dat dit ook goed is voor de **toekomst van onze kinderen**.

De voornaamste aanvullingen / tips

Bewoners gaven met name reactie op het gebied van toegankelijkheid, verkeersveiligheid en parkeren. Onderstaande punten werden meegegeven:

- De wijk is moeilijk bereikbaar en de omleidingsroute niet efficiënt genoeg ingericht. Het duurt lang om de buurt in en uit te komen.
- De drukte van het verkeer nam toe en blijft in de toekomst toenemen (bijvoorbeeld door bezorgbussen, postbezorging). Dit zorgt met name 's nachts voor overlast. Tip: zet BOA's in om deze overlast 's nachts te handhaven.
- Waarborg de veiligheid van kinderen in de omgeving door bijvoorbeeld met borden aan te geven dat het om een fietsstraat gaat en dat er kinderen spelen (pas op!)
- Houdt er rekening mee dat steeds meer huishoudens twee of meer auto's hebben, er moeten voldoende parkeerplekken zijn.
- Tijdens de voorbereiding van het werk, werd met name ervaren dat de communicatie niet soepel verliep. Een opmerking die vaker terugkwam, was dat bewoners niet (tijdig) geïnformeerd werden over de vertraging van de werkzaamheden.

Advies aan de gemeente:

Verder advies aan de gemeente voor toekomstige projecten kan zijn om de bewoners tijdig te informeren over vertragingen. De bewoners gaven meer dan eens aan zich gehoord te willen voelen en betrokken aan de voorkant van het project, waarbij ze graag te horen krijgen waarom bepaalde keuzes worden gemaakt. Dit kan gedaan worden in de vorm van (extra) informatieavonden. Als tip werd ook meegegeven om bijvoorbeeld een aanspreekpunt in de keet aan te wijzen zodat er tussentijds vanuit de bewoners persoonlijk contact kan worden gezocht voor vragen. Ook kan een efficiënte omleidingsroute worden bedacht in samenspraak met de omgeving. Waarborg de verkeersveiligheid door het plaatsen van verkeersborden.

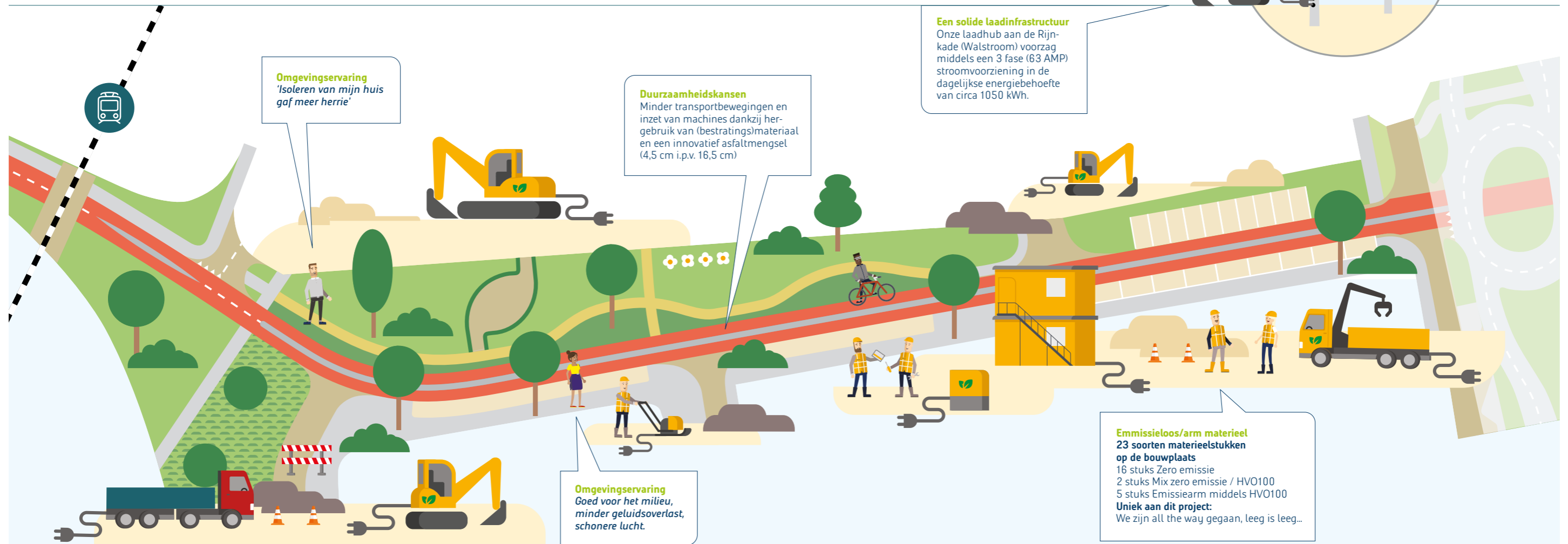
Omwonenden ondervinden duidelijk minder hinder door emissieloos werken. Emissieloos werken heeft een positieve invloed op de omgeving. Gebaseerd op input van de omgeving is het advies om de ontwikkeling van emissieloos werken door te zetten.



Pilotproject Emissieloos Werken

Hoogwaardige fietsroute Hugo de Grootstraat / Valckenierstraat Arnhem

Uitvoering februari - april 2022



Behaalde reductie*	Fijnstof		Reactieve stikstof		Broeikasgassen
	PM10	PM2,5	NOx	NH3	CO2
Mobiele werktuigen	-97%	-97%	-96%	-12%	-99,8%
Bouwlogistiek	-34%	-34%	-34%	-34%	-99%
Totaal	-80%	-91%	-73%	-33%	-99%

*Reducties conform rapport: Hoogwaardige fietsroute Hugo de Grootstraat - Valckenierstraat met kenmerk BG4228-MI-RP-221130, d.d. 30-11-2022, opgesteld door Royal HaskoningDHV.