

Afstudeerrapport

Onderzoek naar de transitie van elektrisch klein- en handmaterieel bij Heijmans



Namen: Julian van der Zanden (2123825)
Rick van der Zanden (2129509)

Afstudeerbegeleiders: Bart Dankers
Frans van Gestel

Contactpersonen Heijmans: Jan Heijmans
Willem van den Berg

Datum: 8 januari 2021

School: Avans Hogeschool 's-Hertogenbosch

Afstudeeronderzoek Heijmans

Onderzoek naar de aspecten rondom de transitie naar elektrisch materieel

Julian van der Zanden

Jcjp.vanderzanden@student.avans.nl

Februari 2021

Rick van der Zanden

Rap.vanderzanden@student.avans.nl

Februari 2021

Afstudeerscriptie Civiele Techniek 2020-2021

Academie voor Bouw en Infra

Avans Hogeschool 's-Hertogenbosch

Dhr. Frans van Gestel, Avans Hogeschool

Dhr. Bart Dankers, Avans Hogeschool

Dhr. Jan Heijmans, Heijmans Regio Zuid Infra

Dhr. Willem van den Berg, Heijmans Regio Zuid Infra



Voorwoord

Voor u ligt de scriptie over het mogelijk investeren in elektrisch klein- en handmaterieel. De scriptie is uitgevoerd voor Heijmans Infra. Zij willen inzicht krijgen in deze mogelijke investering op weg naar een duurzamer materieelpark. Op 1 februari 2021 zijn wij als studenten Civiele Techniek op de Avans Hogeschool 's-Hertogenbosch begonnen aan onze afstudeerfase.

Deze afstudeerstage hebben wij beide ervaren als een zeer leerzame en leuke tijd. Door de Corona-crisis was het helaas niet mogelijk om fysiek veel op het bedrijf aanwezig te zijn. Ondanks deze tegenvaller hebben wij zowel vanuit Avans Hogeschool als Heijmans goede begeleiding gehad.

Onze toekomst gaat verder in het werkveld. Nadat onze studie is afgesloten gaan wij beide verder in de Civiele Techniek. Het onderwerp van dit onderzoek sluit aan bij de verduurzaming van de wereld in de nabije toekomst.

In het bijzonder bedanken wij onze afstudeerbegeleiders Frans van Gestel en Bart Dankers van Avans Hogeschool. Zij hebben ons door deze periode heen goed geholpen en daar waar nodig bijgestuurd. Bovendien bedanken wij Willem van den Berg en Jan Heijmans voor deze toffe afstudeeropdracht en de begeleiding.

Julian van der Zanden en Rick van der Zanden

27 mei 2021 te 's-Hertogenbosch

Samenvatting

Het terugdringen van de uitstoot met 50 procent is een van de klimaatdoelen die zijn afgesproken in het Klimaatakkoord. De bouwsector staat op het punt om een duurzame transitie tegemoet te gaan. Rijkswaterstaat biedt als overheidsinstantie een leidende rol in deze transitie. Zij stimuleren bedrijven te investeren in emissieloos materieel. Hierbij gaat het voornamelijk om elektrisch materieel.

Het doel van dit onderzoek is om Heijmans Infra Regio Zuid (Aannemer in de bouwsector) inzicht te geven in mogelijke investeringen in elektrisch klein- en handmaterieel. Het klein- en handmaterieel in dit onderzoek bestaat uit vuilwaterpompen, zandtrilplaten, sleuvenstampers en doorslijpers. De onderzoeksvraag is als volgt opgesteld:

“Hoe kan Heijmans Regio Zuid Infra het beste investeren in elektrisch klein- en handmaterieel, zodat ze in 2026 alle klein- en handmaterieelstukken vervangen hebben voor een elektrische variant?”

Om antwoord te geven op deze onderzoeksvraag is literatuuronderzoek uitgevoerd. Naast literatuuronderzoek zijn gesprekken gevoerd met experts en onderzoeken op locatie uitgevoerd. Het onderzoek bestond uiteindelijk uit zowel kwalitatieve als kwantitatieve methoden.

Uit het onderzoek is gebleken dat de markt elektrische varianten aanbiedt die het huidige brandstof materieel kunnen vervangen. Echter blijkt uit de kostenanalyse dat hier aan een lange terugverdientijd zit gekoppeld. Daardoor is het investeren in elektrisch materieel financieel niet aantrekkelijk. Daar staat tegenover dat vele positieve effecten te koppelen zijn aan het gebruik van elektrisch materieel. Daarnaast zijn strategieën besproken die de terugverdientijd kunnen verminderen.

Naast de besproken effecten is ook gebleken dat de bouwsector zich vol inzet om elektrisch materieel te stimuleren. Veel bedrijven hebben hun visie gericht op elektrisch materieel. Omdat Heijmans het doel beoogt koploper te zijn in deze transitie, wordt aangeraden om zo snel mogelijk te investeren in de elektrische materieelstukken met weinig risico's.

Uiteindelijk is aanbevolen om te investeren in al het mogelijke elektrisch klein- en handmaterieel dat als vervanging kan dienen van de huidige materieelstukken. Hierbij zit wel de kanttekening dat Heijmans goed moet afwegen of de positieve effecten het waard zijn om het risico op financieel verlies te lopen. Daarvoor moet de directie bepalen of de investeringen genoeg in lijn is met de visie van Heijmans.

Eventueel vervolgonderzoek kan dieper in gaan op de mogelijkheden omtrent de MIA/VAMIL-regelingen vanuit de overheid. Daarnaast kan een vergelijkbaar onderzoek worden uitgevoerd voor andere materieelgroepen.

Summary

Reducing emissions by 50 percent is one of the climate goals agreed to in the Climate Agreement. The construction sector is therefore about to embark on a sustainable transition. As a government agency, Rijkswaterstaat is playing the leading role in this transition. They encourage companies to invest in low-emission equipment. This mainly involves electric equipment.

The purpose of this study is to give Heijmans Infra Regio Zuid (contractor in the construction sector) insight into possible investments in electric small and handheld equipment. The small and handheld equipment in this study consists of dirty water pumps, sand shovels, trench rammers and cut-off saws. The research question was formulated as follows:

"How can Heijmans Region South Infra best invest in electric small and hand equipment, so that by 2026 they will have replaced all small and hand equipment for an electric variant ?"

To answer this research question, literature research was conducted. In addition to literature review, interviews were conducted with experts and on-site surveys were conducted. The research ultimately consisted of both qualitative and quantitative methods.

The research showed that the market offers electric variants that can replace the current fuel equipment. However, the cost analysis shows that the payback period is very long. Therefore, investing in electric equipment is not financially attractive. However, many positive effects can be linked to the use of electric equipment. In addition, strategies have been discussed that can reduce the payback period.

In addition to the effects discussed, it was also found that the construction industry is fully committed to encouraging electric equipment. Many companies have focused their vision on electric equipment. Since Heijmans' goal is to be a leader in this transition, it is recommended to invest in the low-risk electric equipment pieces as soon as possible.

Ultimately, the recommendation is to invest in all possible small-scale and manual electrical equipment that can serve as a replacement for the current pieces of equipment. It should be noted, however, that Heijmans must carefully weigh whether the positive effects are worth the risk of financial loss. For this purpose, the management must determine whether the investments are sufficiently in line with Heijmans' vision.

Any follow-up research can go deeper into the possibilities regarding the MIA/VAMIL schemes from the government. In addition, a similar investigation can be carried out for other equipment groups.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
Summary	5
Inhoudsopgave	6
Figuren- en tabellenlijst	9
Lijst met afkortingen.....	10
Begrippenlijst.....	11
1. Inleiding.....	12
1.1 Macroniveau	12
1.2 Mesoniveau.....	12
1.3 Microniveau	13
1.4 Probleemstelling.....	13
1.5 Doelstelling	13
1.6 Hoofd- en deelvragen.....	14
1.7 Afbakening	14
1.8 Onderzoeksopzet.....	14
1.9 Leeswijzer.....	14
2. Theoretisch kader	15
2.1 Kostenposten	15
2.2 De uitstoot van het materieel	15
2.2.1 Koolstofdioxide.....	15
2.2.2 Stikstof en fijnstof.....	15
2.2.3 Terugdringen uitstoot	16
2.3 De CO2-prestatieladder	16
2.4 Transitie naar elektrisch in andere sectoren.....	16
2.5 Sustainable Development Goals	17
3. Methodologie	18
3.1 Dataverzameling.....	18
3.2 Validiteit en betrouwbaarheid	18
4. Onderzoeksresultaten	19
4.1 Inventarisatie klein- en handmaterieel.....	19
4.1.1 Technische specificaties	20
4.1.2 Analyse inventarisatieonderzoek.....	20

4.2	CO2-uitstoot klein- en handmaterieel	20
4.2.1	Uitgangspunten	20
4.2.2	Berekeningstappen	22
4.2.3	Resultaten CO2-Berekening	23
4.2.4	Analyse uitstootberekening	24
4.3	Variantenstudie	25
4.3.1	Interviews	25
4.3.2	Selectiecriteria	27
4.3.3	Vergelijkingsanalyse	28
4.3.4	Analyse variantenstudie	29
4.4	Kostenanalyse	29
4.4.1	Aanschafkosten	29
4.4.2	Brandstofkosten	29
4.4.3	Kosten keuringen, onderhoud en reparatie	30
4.4.4	Kosten elektriciteit	30
4.4.5	Kosten investering	30
4.4.6	Analyse kostenberekening	32
4.4.7	Effecten investering	35
4.4.8	Analyse effecten	37
4.5	Visie bouwsector omtrent elektrificeren	39
4.5.1	Visie Heijmans Infra	39
4.5.2	De visie van aannemer BAM	39
4.5.3	Visie van Aannemer Infrascoop	40
4.5.4	De visie van Rijkswaterstaat	41
4.5.5	Visie vanuit de omwonenden in de projectomgeving	41
4.5.6	Bouwend Nederland	42
4.5.7	Analyse visie	42
4.5.8	Bereidheid en verwachtingen werknemers Heijmans	44
4.5.9	Analyse verwachtingen Heijmans	47
5.	Conclusie	48
6.	Discussie	49
7.	Aanbevelingen	50
	Nawoord	52
	Literatuurlijst	53
	Bijlagen	57
	Bijlage 1 – Sustainable Development Goals	58

Bijlage 2 – Methodologie	61
Bijlage 3 - Verdeling materieelstukken per categorie.....	67
Bijlage 4 - Foto's materieelstukken Heijmans Infra Regio Zuid B.V.	68
Bijlage 5 – Technische specificaties klein- en handmaterieel	74
Bijlage 6 - Uitstootberekeningen	77
Bijlage 7 – Emissiefactoren.....	79
Bijlage 8 – Berekeningen CO2-uitstoot met behulp van Excel	80
Bijlage 9 – Interviews vakmannen	86
Bijlage 10 – Variantenstudie.....	91
Bijlage 11 – Groepen kostenanalyse.....	94
Bijlage 12 – Kosten periode 11 tot en met 15 jaar	95
Bijlage 13 – Maatregelen voor opslag accu's	98

Figuren- en tabellenlijst

Figuur 1 Gunningsvoordeel met de CO2-prestatieladder (Bron: SKAO, z.d.).....	16
Figuur 2 De eerste elektrische minigraver van Limach (Bron: De Kort BV, z.d.)	17
Figuur 3 CO2-footprint Heijmans 2020 Q1-Q4 Bron:.....	25
Figuur 4 Mindmap visie omtrent elektrificeren in de bouwsector.....	43
Figuur 5 Doorslijper Milwaukee-COS350MXF	68
Figuur 6 Zandtrilplaat DPS3060	69
Figuur 7 Zandtrilplaat DPS1850	69
Figuur 8 Zandtrilplaat DPU6055	69
Figuur 9 Kosten bij levensduur 15 jaar.....	97
Grafiek 1 Verdeling klein- en handmaterieel Heijmans	19
Grafiek 2 CO2-uitstoot per categorie in kilogram per jaar.....	23
Grafiek 3 CO2-uitstoot per categorie in procenten	23
Grafiek 4 Break-evenpunt investering doorslijpers.....	32
Grafiek 5 Break-evenpunt investering sleuvenstampers.....	32
Grafiek 6 Break-evenpunt totale investering	33
Grafiek 7 Break-evenpunt totale investering met een restwaarde van 10%.....	34
Tabel 1 Algemene kostenposten bij investering in materieel.....	15
Tabel 2 Resultaten CO2-berekeningen klein- en handmaterieel per jaar.....	24
Tabel 3 Vervangende elektrische varianten.....	28
Tabel 4 Kostenposten materieel Heijmans	30
Tabel 5 Kostenberekening over een periode van 15 jaar	31
Tabel 6 Effecten-gevolgen tabel bij investering in elektrisch materieel.....	38

Lijst met afkortingen

Afkorting	Beschrijving
HMB	Heijmans Materieel Beheer
PM	Particulate Matter
VN	Verenigde Naties
Etc.	Et Cetera
CO ₂	Koolstofdioxide
KN	Kilo Newton
Kg	Kilogram
Mm	Millimeter
ARBO	Arbeidsomstandighedenwet
R&O	Reparatie en onderhoud
KWh	Kilowattuur
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Begrippenlijst

Begrip	Beschrijving
Broeikasgassen	Gassen die invloed hebben op de opwarming van de aarde.
Emissieloos	Zonder uitstoot.
CO2-Prestatieladder	Tool om de CO2-footprint van een bedrijf te berekenen.
CO2-Footprint	Totale CO2-uitstoot van een organisatie.
Inschrijfprijs	= aanbestedingsprijs, de prijs die bedrijven vragen in ruil voor het uitvoeren van het project.
Gunning	Een opdrachtgever gunt een project aan de aannemer. Dit noemen ze een gunning.
Aanbesteding	Een opdrachtgever biedt een project aan op de markt. De aanbesteding is de prijs die de aannemer vraagt om het project uit te voeren.
Inventarisatieonderzoek	Het opnemen van bepaalde voorraad of product.

1. Inleiding

Klimaatverandering is een proces dat de wereld al decennia druk bezighoudt. Door een te hoge concentratie broeikasgassen in de lucht, houdt de aarde warmte vast. Dit heeft ertoe geleid dat de wereld de afgelopen 140 jaar 0.9 graden is gestegen. In Nederland is zelfs door het KNMI vastgesteld dat Nederland bijna 2 graden opwarmde tussen 1906 en 2017. (Bron: Milieu Centraal. (Z.d.). Wat is klimaatverandering.)

Naast de opwarming van de aarde zorgt de uitstoot van deze broeikasgassen ook voor een slechtere kwaliteit van de lucht die organismen inademen. Een te hoge concentratie van stikstofoxiden, fijnstof en koolstofdioxiden in de lucht hebben vele nadelige gevolgen voor de gezondheid van de mens. Zo wordt bijvoorbeeld langdurige blootstelling aan PM2.5 en PM10 fijnstof als oorzaak gezien van acute hartinfarcten en beroertes. Ook de gezondheid van de longen wordt aangetast wat kan leiden tot astma. (Luchtkwaliteit - fijn stof. (2018). RIVM.)

1.1 Macroniveau

Om de klimaatverandering tegen te gaan, heeft de VN in 2016 het VN-Klimaatakkoord van Parijs opgesteld. Nederland heeft samen met de andere lidstaten van de Europese Unie dit klimaatakkoord ondertekent. Het doel van de EU-lidstaten is, om de uitstoot van de Europese Unie in het geheel met 40 procent terug te dringen. Hierbij gaat het om de uitstoot van broeikasgassen. Nederland zelf heeft de ambitie om zelfs 55 procent van de nationale uitstoot terug te dringen. Om dit te verwekelijken, heeft Nederland in overleg met overheden, bedrijven en organisaties afspraken gemaakt. Deze afspraken staan beschreven in het Klimaatakkoord. (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2020, 16 september). Klimaatbeleid.)

Een belangrijke speler in dit geheel is Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor een groot aantal projecten in de bouwsector, en werkt namens de overheid. Rijkswaterstaat betreft de klimaatdoelen in de projecten die zij opstellen. Bijvoorbeeld de aanleg van elektriciteitsnetwerken. Daarnaast stimuleren zij een duurzame uitvoering van projecten door middel van fictieve kortingen op aanbestedingen.

1.2 Mesoniveau

Ook de bouwsector heeft afspraken gemaakt en moet de uitstoot terugdringen. De bouwsector heeft hiervoor al enkele stappen gezet.

- Energiezuiniger maken van de kantoorpanden (slimme sensors, ventilatoren, etc.)
- Steeds vaker elektrificatie van het materieel
- Motoren met vernieuwde technologie (bv. Stage V)
- Analyseren van de uitstoot voor een project (stikstofberekeningen Aeries Calculator)

Bouwend Nederland is een overkoepelende organisatie die bouwbedrijven en bedrijven met de affiniteit in de bouw bij elkaar brengt. Bouwend Nederland vormt als het ware een platform waarop de ontwikkelingen in de bouw worden gepresenteerd. Bouwend Nederland ziet een transitie in duurzaam materieel voor zich. Daarentegen zien ze knelpunten als organisatie om de grotere materieelstukken te verduurzamen. Dit komt door het beperkte aanbod op de markt. (Emissieloos bouwen is kwestie van lange adem, z.d.)

Geconcludeerd kan worden dat de sector zich inzet voor duurzamere processen in de bouw. Echter is de technische haalbaarheid een van de redenen, waarom een volledig emissieloos materieelaanbod niet bestaat. De komende jaren worden veel ontwikkelingen verwacht omtrent het emissieloos maken door middel van accu's en waterstof. (Emissieloos bouwen is kwestie van lange adem, z.d.)

Samen met GMB en de Vries & van de Wiel, heeft Heijmans ENI (Emissieloos Netwerk Infra) opgericht. Deze stichting verbindt verschillende partijen van de sector. Door namelijk samen te werken, kunnen gemakkelijker stappen worden gezet naar een duurzame toekomst. (N.V., H. (2020). Bouwen zonder uitstoot. Heijmans N.V.)

Gekeken naar andere bedrijven in de bouwwereld zijn diverse ontwikkelingen te zien omtrent de transitie naar duurzaam materieel. Aannemer KWS heeft bijvoorbeeld als eerste een emissieloos asfaltspreadmachine in gebruik. (KWS, z.d.) Ook aannemer BAM werkt met elektrisch materieel. (Peter Klerks, Uitvoerder BAM)

1.3 Microniveau

Een grote aannemer in de bouwsector is Heijmans Infra Regio Zuid B.V. Het bedrijf, dat zijn oorsprong vindt in Rosmalen (vlakbij 's-Hertogenbosch), richt zich op werkzaamheden in de grond, weg en -waterbouw. Heijmans heeft als doelstelling om na 2023 volledig CO₂-neutraal te bouwen. In 2026 heeft het zelfs de doelstelling om volledig emissieloos te werken. Dit houdt in dat er geen uitstoot is van CO₂, stikstof en fijnstof. (N.V., H. (2020). Bouwen zonder uitstoot. Heijmans N.V.)

Het bedrijf ziet vele voordelen aan het werken met emissieloos materieel. De vermindering van de uitstoot zorgt voor een verbetering van de luchtkwaliteit op de bouwplaats. (Bron: Bouwplaatsen en materieel steeds duurzamer, Molen, F.) Door voorop te lopen met innovaties op het gebied van duurzaamheid, kan Heijmans een voorsprong pakken op de concurrentie. Dit kan ertoe leiden dat meer gunningen worden verleend aan Heijmans.

De doelstelling van Heijmans om in 2026 emissieloos te bouwen wordt opgesplitst in verschillende subdoelstellingen. Een van deze subdoelstellingen is het elektrificeren van het klein- en handmaterieel. Deze categorie omvat al het materieel dat in een werkbuss past.

De effecten voor Heijmans dienen als stimulans voor het beleid. Doordat Heijmans het beleid nastreeft, kan dat zorgen voor interesse bij andere bedrijven (mesoniveau). Daarnaast zorgt het beleid dat Heijmans investeert in onderzoek en innovatie. De informatie die daaruit gehaald kan worden gebruikt in de algehele transitie. Uitwisseling van kennis en ervaring zorgt voor een sneller proces. Echter wordt hiermee ook de voorsprong op de concurrentie weggegeven.

1.4 Probleemstelling

Het investeren in elektrisch klein- en handmaterieel is lastig. De vraag naar elektrisch materieel is groot. Echter is het aanbod van elektrisch materieel nog beperkt. (Emissieloos bouwen is kwestie van lange adem, z.d.) De technologieën die worden gebruikt staan namelijk in de startblokken.

Bovendien is de transitie naar elektrisch materieel voor aannemers nog pril. Aannemers worstelen met de vraag wat het elektrificeren van het materieel met zich mee brengt binnen het bedrijf en of de kosten opwegen tegen de effecten. (Leeuw, 2019)

1.5 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is om de directie van Heijmans inzicht te geven in de kosten en effecten van een investering in elektrisch klein- en handmaterieel. Deze doelstelling komt voort uit het doel van Heijmans om emissieloos te bouwen in 2026.

Daarmee heeft het onderzoek betrekking op de volgende Sustainable Development Goals (SDG): 7, 8, 9, 13 en 17. Deze zogenoemde SDG's, worden besproken in het theoretisch kader. Door de SDG's aan te grijpen in dit onderzoek kan de bijdrage van het resultaat worden vertaald naar een verbetering in de wereld. Het resultaat van het onderzoek is een adviserend rapport.

1.6 Hoofd- en deelvragen

In dit onderzoek staat de volgende hoofdvraag centraal:

“Hoe kan Heijmans Regio Zuid Infra het beste investeren in elektrisch klein- en handmaterieel, zodat ze in 2023 alle klein- en handmaterieelstukken vervangen hebben voor een elektrische variant?”

Om deze hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld.

1. Welke brandstofbenodigde materieelstukken, binnen Heijmans Infra (wegenbouw), behoren tot de groep klein- handmaterieel en wat zijn de technische specificaties van deze materieelstukken?
2. Welke materieelstukken uit de categorie klein- en handgereedschap zijn nu al elektrisch en eventueel in bezit van Heijmans en wat zijn de bijbehorende technische specificaties?
3. Hoe vervuילend is het klein- en handmaterieel gekeken naar de uitstoot van koolstofdioxide?
4. Welke elektrische varianten kunnen dienen als vervangend materieelstuk voor het huidige brandstofmaterieel, als er gekeken wordt naar de eisen van Heijmans en naar de technische specificaties?
5. Wat zijn de kosten en effecten die komen kijken bij de transitie van het huidige brandstofmaterieel naar elektrische varianten?
6. Welke visie heeft de bouwsector en het personeel van Heijmans op de elektrificatie van het materieel?

1.7 Afbakening

In het afstudeeronderzoek wordt onderzocht wat de kosten en effecten van een investering in elektrische klein- en handmaterieelstukken, voor Heijmans Regio Zuid Infra zijn. Het onderzoek heeft betrekking op maximaal 5 materieelgroepen. Op basis van de inventarisatie worden de materieelgroepen gekozen. Van de materieelstukken wordt de koolstofdioxide uitstoot berekend. Daarnaast wordt een variantenstudie gedaan naar vervangbare elektrische varianten. Deze elektrische varianten worden gebruikt voor de kostenanalyse. Uiteindelijk wordt ook gekeken naar de visie van de bouwsector en de visie van de werknemers van Heijmans.

1.8 Onderzoeksopzet

Het onderzoek bestaat zowel uit een kwantitatief onderzoek als een kwalitatief onderzoek. Beide onderzoeksmethoden dragen bij aan de beantwoording van de deelvragen en de hoofdvraag. De benodigde informatie tot de antwoorden wordt verzameld door middel van literatuuronderzoek, interview met experts en door onderzoek op locatie.

1.9 Leeswijzer

Na de inleiding komt in hoofdstuk 2 het theoretisch kader. In hoofdstuk 3 wordt de methodologie besproken. Dit wordt gevolgd door hoofdstuk 4 waarin de resultaten van het onderzoek worden beschreven en geanalyseerd. In hoofdstuk 5 volgt de conclusie waarna in hoofdstuk 6 de discussie komt. In hoofdstuk 7 staan de aanbevelingen centraal. Achter in het rapport staan de bijlages weergegeven.

2. Theoretisch kader

In het theoretisch kader wordt de vooraf bekende informatie en de informatie uit het vooronderzoek beschreven. Om een beeld te vormen van het onderwerp zijn diverse locatiebezoeken en een literatuurstudie uitgevoerd.

2.1 Kostenposten

Bij een investering maken verschillende kostenposten deel uit van de kostenanalyse. Deze zijn op te delen in eenmalige kosten en terugkomende kosten. In tabel 1 zijn de kostenposten weergegeven voor de kostenanalyse.

Eenmalige kosten	Terugkomende kosten
Aanschafkosten	Brandstof
	Reparatie en onderhoud
	Keuringen
	Elektriciteit

Tabel 1 Algemene kostenposten bij investering in materieel

2.2 De uitstoot van het materieel

Uitstoot bestaat uit verschillende stoffen en gassen. Over het algemeen valt uitstoot onder te verdelen in koolstofdioxide, stikstof, ammoniak en fijnstof. (Alles over uitstoot - ANWB.) Alle vier hebben ze effect op verschillende processen op aarde. Een verbrandingsmotor zet brandstof om in beweging. Dit gebeurt via verbranding van de brandstof. Hierbij wordt uitstoot geproduceerd. Het onderzoek gaat alleen dieper in op de uitstoot van koolstofdioxide.

2.2.1 Koolstofdioxide

Door een toename in brandstofmotoren in de afgelopen eeuwen, neemt ook de uitstoot sterk toe. Koolstofdioxide blijft hangen in de atmosfeer en zorgt ervoor dat de aarde langzaam opwarmt. Dit wordt het broeikaseffect genoemd. (KNMI - Hoe warmen broeikasgassen de aarde op?) Om dit broeikaseffect tegen te gaan, moet de uitstoot van koolstofdioxide sterk worden teruggedrongen. Daarom worden bedrijven gestimuleerd innovaties door te voeren om de koolstofdioxide uitstoot terug te dringen. Een voorbeeld hiervan is de CO₂-prestatieladder. Hierover staat geschreven in paragraaf 2.4 “De CO₂-prestatieladder”.

2.2.2 Stikstof en fijnstof

Ook de stikstofuitstoot is toegenomen. Te veel ammoniak (stikstof verbonden met waterstof) zorgt voor problemen bij mensen die last hebben van astma of andere longklachten. (Vragen en antwoorden over stikstof en ammoniak. (2019). RIVM.) Sinds enkele jaren wordt er gesproken van een stikstofprobleem. De bouwsector lijdt onder het stikstofprobleem. Veel opdrachtgevers eisen daarom ook inzicht in de stikstofuitstoot gedurende een project. (Ten Teije, S. De Nederlandse Bouw lijdt onder het stikstofprobleem.)

Fijnstof is de laatste categorie. Deze categorie is echter erg breed. “Fijnstof is een mengsel van microscopisch kleine vaste deeltjes die kleiner zijn dan 10 micrometer. Deze deeltjes zijn van verschillende grootte, herkomst en chemische samenstelling. De in de lucht rondzwevende fijnstof staat ook bekend als aerosol” (Fijnstof. Wikipedia.) Een bekend stof is bijvoorbeeld roet. Roet komt vrij bij de verbranding in dieselmotoren en zorgt voor problemen in de longen.

Bij emissieloos bouwen wordt geen van de drie bovenstaande stoffen uitgestoten.

2.2.3 Terugdringen uitstoot

Afgelopen decennia zijn vele technieken toegepast om brandstofmotoren zuiniger te maken. Deze ontwikkeling wordt continu gestimuleerd door steeds strengere emissienormen van de Europese Unie. Sinds 1997 werd Stage I gepubliceerd. 19 jaar later, in 2016, werd emissienorm Stage V gepubliceerd. (A., Stage V-normen voor het milieu. Grond, weg en waterbouw.)

2.3 De CO₂-prestatieladder

De CO₂-prestatieladder is een instrument dat wordt gebruikt om een reductie van de CO₂-uitstoot te realiseren voor bedrijven. De ladder kent vijf niveaus (niveau 1 t/m 5). Heijmans bevindt zich op niveau 5. Dit is het hoogste niveau. (N.V., H. (2021). CO₂ Prestatieladder. Heijmans N.V.)

Het is echter niet zo dat Heijmans klaar is met verduurzamen. Een voorwaarde om op de vijfde trede te blijven, is jaarlijks innovaties toevoegen ten behoeve van de verduurzaming van het bedrijf. (SKAO. (2015, Juni). Handleiding CO₂-prestatieladder 3.0) Het doel van de CO₂-prestatieladder is uiteindelijk om bedrijven te stimuleren en te helpen met de processen rondom energiebesparing en CO₂-reductie. Door als bedrijf hoger te scoren op de CO₂-prestatieladder kunnen aannemers fictieve kortingen (gunningsvoordeel) ontvangen op de inschrijfprijs. In figuur 2 is te zien wat een plek op de CO₂-prestatieladder, kan betekenen tijdens een gunning.

Hoe werkt gunningsvoordeel met de CO ₂ -Prestatieladder?					
ORGANISATIE	INSCHRIJFPRIJS	NIVEAU OP DE LADDER	FICTIEF VOORDEEL	FICTIEVE PRIJS	AANBESTEDING GEWONNEN
A	€ 9,7 miljoen	niet	0%	€ 9,7 miljoen	NEE
B	€ 10 miljoen	3	4%	€ 9,6 miljoen	NEE
C	€ 10,3 miljoen	4	7%	€ 9,58 miljoen	JA: € 10,3 miljoen

Figuur 1 Gunningvoordeel met de CO₂-prestatieladder (Bron: SKAO, z.d.)

2.4 Transitie naar elektrisch in andere sectoren

De bouwwereld is bezig om de transitie naar elektrisch materieel te verwezenlijken. Alle bedrijven kunnen bijdragen aan een duurzamere wereld en kunnen zelf opvallen bij aanbestedingen door elektrisch materieel te gebruiken. Echter is niet alleen de bouwwereld bezig met verduurzamen.

Ook in de autosector komen steeds vaker elektrische auto's op de markt. Behalve Tesla komen ook de bekende namen zoals Volkswagen, Audi en Volvo met elektrische auto's. Uit een artikel van RTL Nieuws blijkt zelfs dat onderzoek wordt uitgevoerd naar het mogelijk maken van een elektrisch vliegtuig.

“Maandag vloog er een elektrisch vliegtuig over ons land. Het is de tweede succesvolle vlucht tussen twee vliegvelden. Zal deze techniek in de toekomst ook ingezet gaan worden bij lijnvluchten”...

“Echter is er nog wel veel ruimte voor verbetering. De accu kan momenteel nog niet veel gewicht aan waardoor er maar twee passagiers aanwezig waren tijdens de vlucht. De verwachting is wel dat er in

de loop van de komende meer ontwikkelingen plaats vinden op het gebied van de capaciteit van de accu's." (Bron: (RTL Nieuws, 2021)

Uit het artikel kan geconcludeerd worden dat de accucapaciteit te klein is voor een groot vliegtuig. Ook bij de elektrische auto's is het vaak een dat het bereik laag is. Mede dankzij de technologie en de ervaringen uit verleden, komen er nu steeds vaker verbeterde elektrische auto's.

Ook in de bouw is te zien dat het zwaardere materieel moeilijker te elektrificeren is. Zo ongeveer 5 procent van de 115.000 materieelstukken in de bouw is elektrisch beschikbaar. Deze 5 procent bestaat voornamelijk uit het kleinere materieel zoals de minigravers, zandtrilplaten en sleuvenstampers. Deze materieelstukken vragen namelijk minder vermogen. In figuur 3 staat een voorbeeld van een elektrische mini-graver.



Figuur 2 De eerste elektrische minigraver van Limach (Bron: De Kort BV, z.d.)

2.5 Sustainable Development Goals

In 2015 is door vele landen in de wereld besloten om doelen op te stellen. Deze doelen, de Sustainable Development Goals, staan voor een verbetering van de wereld. Organisaties, overheden en bedrijven van verschillende landen werken samen om uiteindelijk de wereld te verbeteren. De SDG's bestaan uit 17 doelstellingen die zijn onderverdeeld in meerdere subdoelstellingen. Het doel is om voor 2030 de doelstellingen te behalen. (SDG Nederland et al. 2021) De SDG's besproken in paragraaf 1.5 staan concreter beschreven in Bijlage 1.

De doelen hebben betrekking op het verbeteren van de hele wereld. Omdat in de ontwikkelingslanden de grootste stappen te zetten zijn, is er wereldwijd de focus om deze landen te helpen. Echter kan door kleine stappen te zetten op landelijk niveau, ook een bijdrage worden geleverd aan de wereld.

3. Methodologie

In dit hoofdstuk wordt de methodologie besproken van het onderzoek. Het gehele afstudeeronderzoek bestaat uit verschillende onderzoeksmethodieken.

Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag is in het onderzoek gebruik gemaakt van zowel kwalitatief als kwantitatief onderzoek. Hiervoor zijn diverse gesprekken gevoerd met de werknemers van Heijmans, externe bedrijven en experts van diverse organisaties. Bovendien zijn ook literatuuronderzoek en diverse onderzoeken op locatie uitgevoerd.

3.1 Dataverzameling

Het onderzoek op locatie heeft geresulteerd in een materieellijst met het huidige klein- en handmaterieel. Daarvoor zijn projecten in Boxtel en Oss en de afdeling Heijmans Materieel Beheer bezocht. De technische specificaties zijn geraadpleegd uit de handleidingen van ieder materieelstuk. Deze handleidingen zijn uitgegeven door de fabrikant en is om die reden een betrouwbare bron.

Met de materieellijst en de technische specificaties is de uitstoot van koolstofdioxide van het klein- en handmaterieel berekend. Hiervoor is het verbruik van de materieelstukken per categorie gemiddeld genomen. Hierdoor wordt schijnnaauwkeurigheid voorkomen. Het verbruik is uiteindelijk met de emissiefactor van benzine of diesel vermenigvuldigd. De emissiefactor is overgenomen uit de lijst emissiefactoren. Deze lijst, die jaarlijks wordt bijgewerkt, wordt in de sector geraadpleegd voor de berekening omtrent de CO₂-prestatieladder. Daarom wordt de emissienorm als betrouwbaar beschouwd.

De variantenstudie heeft als doel elektrische varianten te selecteren ter vervanging van de huidige brandstofvarianten. De elektrische varianten zijn getoetst aan vooraf opgestelde selectiecriteria. Deze selectiecriteria zijn bepaald naar aanleiding van interviews onder 2 uitvoerders en 7 vakmannen van Heijmans. De interviews bestonden uit open vragen en gaven de mogelijkheid om door te vragen. Daarnaast is het beleid van Heijmans Infra meegenomen en de ARBO-regelgeving.

Met de uitkomst van de variantenstudie is een kostenanalyse opgesteld om inzicht te krijgen in de kosten van de investering. Hiervoor zijn de brandstofkosten en elektriciteitskosten berekend op basis van informatie van Heijmans Materieel Beheer. De onderhoudskosten zijn overgenomen vanuit het "Basisbestand huurtarieven". De aanschafkosten zijn opgevraagd bij de fabrikanten.

Uiteindelijk zijn interviews gehouden en literatuuronderzoek verricht om inzicht te krijgen in de effecten van een investering. De effecten zijn kritisch benaderd vanuit de visies van de bouwsector.

Op basis van de resultaten is een advies uitgebracht aan de directie van Heijmans Infra.

3.2 Validiteit en betrouwbaarheid

De data is geanalyseerd in Microsoft Excel en Microsoft Word. De informatie vanuit het literatuuronderzoek is getoetst op basis van meerdere bronnen. Dit zorgde voor een brede en kritische blik. De vragen die gesteld worden bij de interviews met de vakmannen zijn vooraf doorgelezen door de uitvoerder en de projectleider. Daarbij is gekeken of de vraagstelling duidelijk was. De vragen zijn genoteerd en daarmee bruikbaar voor herhaling. De vakmannen zijn separaat geïnterviewd. Daarmee is de afname van de interviews valide.

De bronnen gebruikt voor dit onderzoek zijn allemaal vanuit een kritisch oogpunt beschouwd. Informatie dat via telefonisch gesprekken is verzameld komen van experts uit het werkveld. Daarmee kan worden geconcludeerd dat het onderzoek betrouwbaar is. In Bijlage 2 kan een uitgebreidere beschrijving van de methodologie worden geraadpleegd.

4. Onderzoekresultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek getoond. De resultaten worden getoond op volgorde van de deelvragen.

4.1 Inventarisatie klein- en handmaterieel

In deze paragraaf worden de resultaten beschreven van deelvraag 1 en deelvraag 2. Deze twee deelvragen betreffen de inventarisatie van het huidige brandstofbenodigde en elektrische klein- en handmaterieel van Heijmans Infra.

Uit de verschillende onderzoeken op locatie en de literatuurstudie, is het klein- en handmaterieel in kaart gebracht. De brandstofbenodigde materieelstukken zijn in de volgende vier categorieën in te delen.

1. Doorslijpers
2. Zandtrilplaten
3. Sleuvenstampers
4. Vuilwaterpompen

Qua brandstofbenodigend klein- en handmaterieel bezit Heijmans in totaal 38 doorslijpers, 100 zandtrilplaten, 125 sleuvenstampers en 16 vuilwaterpompen. De elektrische materieelstukken uit deze vier categorieën bestaan uit 3 doorslijpers, 6 zandtrilplaten, 17 sleuvenstampers.

Opvallend is dat Heijmans al elektrisch materieel bezit. Na een rondvraag bij Heijmans Materieel Beheer kan worden geconcludeerd dat het hier gaat om zogenoemde proefvarianten. De elektrische varianten zijn getest in het werkveld om ervaring op te doen. De verdeling tussen het elektrische en brandstofbenodigde klein- en handmaterieel is weergegeven in grafiek 1.



Grafiek 1 Verdeling klein- en handmaterieel Heijmans

Verdeling van de varianten per categorie is weergegeven in [Bijlage 3](#). Ter verduidelijking zijn foto's van ieder materieelstuk te vinden in [Bijlage 4](#).

4.1.1 Technische specificaties

De technische specificaties zijn verzameld vanuit de handleidingen van de fabrikanten en toegevoegd aan de materieellijst. Deze materieellijst is te vinden in [Bijlage 5](#). De gegevens zijn benodigd om de uitstootberekeningen uit te voeren. Ook vormen de technische specificaties een basis voor de variantenstudie.

De technische specificaties beschreven bij verkooppunten van het materieel wijken af van de uitgebrachte handleidingen van de fabrikant. Dit kan komen door verkeerde informatie of typfouten. Omdat de fabrikant eigenaar is van het product, is gekozen om deze technische specificaties te gebruiken. De handleidingen zijn tevens goedgekeurd voor uitgave.

4.1.2 Analyse inventarisatieonderzoek

Uit het inventarisatieonderzoek op locatie kan worden geconcludeerd dat een elektrische vuilwaterpomp niet als vervanger kan dienen van de brandstofbenodigde variant. De brandstofbenodigde variant wordt gebruikt op locaties waar geen afname van elektriciteit mogelijk is. Een model met accu kan geen vervanging bieden, omdat een vuilwaterpomp continu stroom vraagt. Tijdens verder onderzoek naar een vervangende variant wordt de vuilwaterpomp niet meegenomen. Bij de CO₂-berekeningen wordt echter wel gekeken naar de uitstoot van de vuilwaterpompen. Zij leveren namelijk een bijdrage aan de totale uitstoot van koolstofdioxide van het klein- en handmaterieel.

Voor een volledige emissieloos materieelpark in 2026 moet nog 91 procent van het klein- en handmaterieel emissieloos worden gemaakt.

4.2 CO₂-uitstoot klein- en handmaterieel

In deze paragraaf wordt deelvraag 3 beantwoord. Deze deelvraag heeft betrekking op de hoeveelheid koolstofdioxide uitstoot van het klein- en handmaterieel. Heijmans zet zich in voor een gezondere werkplek en het verkleinen van de CO₂-footprint van het bedrijf. Door de uitstootberekening krijgt Heijmans inzicht in de effectiviteit van een mogelijke investering in elektrisch materieel, in het kader van het terugdringen van de CO₂-footprint. De resultaten kunnen daardoor als stimulans dienen om te investeren.

4.2.1 Uitgangspunten

De berekeningen zijn uitgevoerd met gemiddeldes om schijnnaauwkeurigheid te voorkomen. De uitgangspunten voor de berekening worden in de onderstaande lijst weergegeven met de daarbij behorende bron.

Uitgangspunten	Toelichting	Bron:
De technische specificaties van de materieellijst dienen ter basis van de berekeningen.	De gegevens omtrent verbruik, brandstofsoort en het aantal stuks zijn overgenomen uit de materieellijst.	Materieellijst Bijlage 5
De lijst Emissienormen dient ter basis van de CO ₂ -uitstoot per liter brandstof	De Lijst met Emissienormen dient ook als basis voor de CO ₂ -prestatieladder. Deze gegevens worden gehanteerd door het bedrijfsleven. Ze worden jaarlijks bijgewerkt en zijn daardoor valide.	(Lijst emissiefactoren, 2021) Bijlage 7

Bij de Lijst Emissienormen wordt de WtW (Well-to-Wheel) waarde aangehouden	De Well To Wheel methode houdt rekening met de uitstoot van een liter brandstof over het gehele proces van productie tot de uitlaat. Het geeft daardoor een inzicht in de volledige CO2-uitstoot	(Lijst emissiefactoren, 2021), Bijlage 7 , Interview Stefan Daemen
Aspen 2 en Aspen 4 hebben dezelfde WtW-waarde als dat van Benzine. De TtW-waarde (Tank-to-Wheel) is echter lager.	Volgens Aspen Benelux BV. is het gehele productieproces van Aspen net zo vervuilend qua CO2-uitstoot als die van benzine. Echter is de uitstoot van de tank tot aan de uitlaat lager en gezonder. Vandaar dat Aspen veelal toegepast wordt.	Inkoopadviseur Aspen Benelux BV.
Het verbruik wordt gemiddeld berekend per categorie	Om schijnnaauwkeurigheid te voorkomen wordt gerekend met een gemiddeld verbruik per categorie.	Interview Stefan Daemen
Gebruikspercentage Doorslijpers is 2.5%	In een telefonisch gesprekken met 2 uitvoerders is uitgekomen dat er 1 uur per week gewerkt wordt met de doorslijper	Wouter van Leeuwen, [REDACTED]
Gebruikspercentage Zandtrilplaten is 12.5%	In een telefonisch gesprekken met 2 uitvoerders is uitgekomen dat er 5 uur per week gewerkt wordt met de doorslijper	Wouter van Leeuwen en [REDACTED]
Gebruikspercentage Sleuvenstamper is 5%	In een telefonisch gesprekken met 2 uitvoerders is uitgekomen dat er 2 uur per week gewerkt wordt met de doorslijper	Wouter van Leeuwen en [REDACTED]
Gebruikspercentage Vuilwaterpompen is 100%	Een vuilwaterpomp wordt continu gebruikt. Het gebruikspercentage is daarom 100%	In overleg met Willem van den Berg en Jan Heijmans
Een jaar bestaat uit 230 werkbare dagen	Gemiddeld genomen met aftrek van feestdagen en vakanties	In overleg met Willem van den Berg en Jan Heijmans

Een werkdag duurt gemiddeld 8 uur	07:00 tot 16:00 (incl. 1 uur pauze)	In overleg met Willem van den Berg en Jan Heijmans
Bezettingsgraad per categorie worden overgenomen van de gegevens van Heijmans Materieel Beheer (HMB)	HMB berekent aan de hand van de bezettingsgraad en andere gegevens de huurtarieven. De bezettingsgraad is een aanname gebaseerd op ervaringen van de afgelopen jaren. Deze cijfers zijn daarom betrouwbaar genoeg om aan te nemen.	(Basisbestand Huurtarieven HMB Nieuw, 14 april 2021)

4.2.2 Berekeningstappen

De stappen van de berekeningen zijn uitgewerkt in Bijlage 6. De stappen laten zien welke berekeningen door middel van Microsoft Excel zijn uitgevoerd. Het softwareprogramma Microsoft Excel zorgt voor het gemakkelijk uitvoeren van berekeningen. Daarnaast verkleint het de kans op fouten, door bijvoorbeeld onjuiste afronding gedurende de berekening.

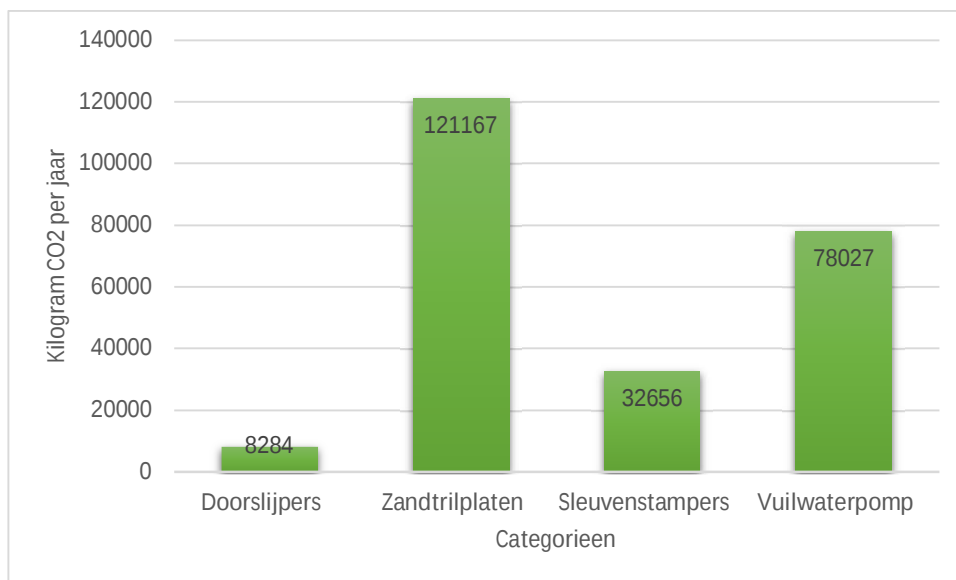
De Excelsheets zijn te raadplegen in Bijlage 8. De volgende waarden kunnen als variabeel worden beschouwd.

- Aantal materieelstukken
- Emissiefactor van brandstof (wordt ieder jaar bijgewerkt)
- Uren per dag
- Werkbare dagen per jaar
- Bezettingsgraad per dag
- Bezettingsgraad per categorie per jaar

Voor alle variabele waarden geldt dat bij een toename in waarde een toename van de koolstofdioxide uitstoot volgt en vice versa. In de Excelsheet zijn de variabele waarden aangegeven in gele cellen. Deze waarden kunnen handmatig worden aangepast.

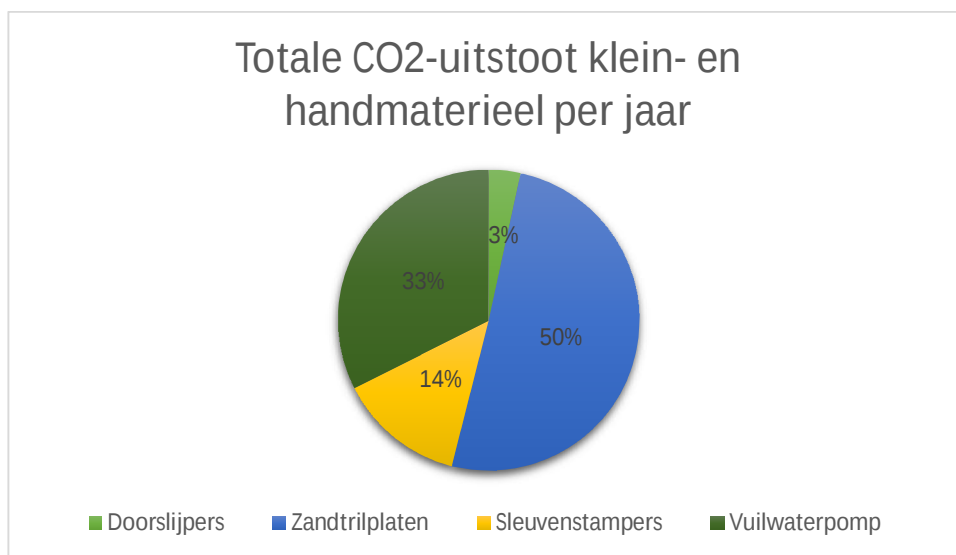
4.2.3 Resultaten CO2-Berekening

Onderstaande grafiek 2 geeft de totale CO2-uitstoot per jaar aan van iedere categorie. De CO2-uitstoot is weergegeven in kilogram.



Grafiek 2 CO2-uitstoot per categorie in kilogram per jaar

In grafiek 3 wordt de totale CO2-uitstoot per categorie per jaar weergegeven in percentages per categorie. De percentages laten duidelijk zien in welke categorie de grootste stappen kunnen worden gemaakt.



Grafiek 3 CO2-uitstoot per categorie in procenten

In onderstaande tabel 2 zijn de uitkomsten van de berekeningen langs elkaar gezet. Daarnaast is de totale uitstoot van het gehele klein- en handmaterieel weergegeven.

Categorie	Percentage van de totale uitstoot (%)	Totale uitstoot (Kg)
Zandtrilplaten	50	121167
Doorslijpers	3	8284
Sleuvenstampers	14	32656
Vuilwaterpompen	33	78027
Totaal	100	240134

Tabel 2 Resultaten CO2-berekeningen klein- en handmaterieel per jaar

De totale CO2-uitstoot van het gehele klein- en handmaterieel komt op een totaal van 240.134 kilogram. Dit staat gelijk aan ongeveer 240 ton koolstofdioxide.

Ter vergelijking: Om 1 ton CO2 op te nemen moeten 50 bomen 1 jaar lang groeien. Voor Heijmans geldt dat 12000 bomen 1 jaar moeten groeien om de CO2-uitstoot te compenseren. (Wat is 1 ton CO2? (2021, 12 april). Climate Neutral Group.)

4.2.4 Analyse uitstootberekening

Uit de grafiek kan worden geconcludeerd dat door de zandtrilplaten te elektrificeren, de helft van de gehele CO2-uitstoot van het klein- en handmaterieel kan worden teruggedrongen. Het is daarmee de categorie met de hoogste koolstofdioxide uitstoot. De zandtrilplaten worden gevolgd door respectievelijk de vuilwaterpompen, sleuvenstampers en de doorslijpers.

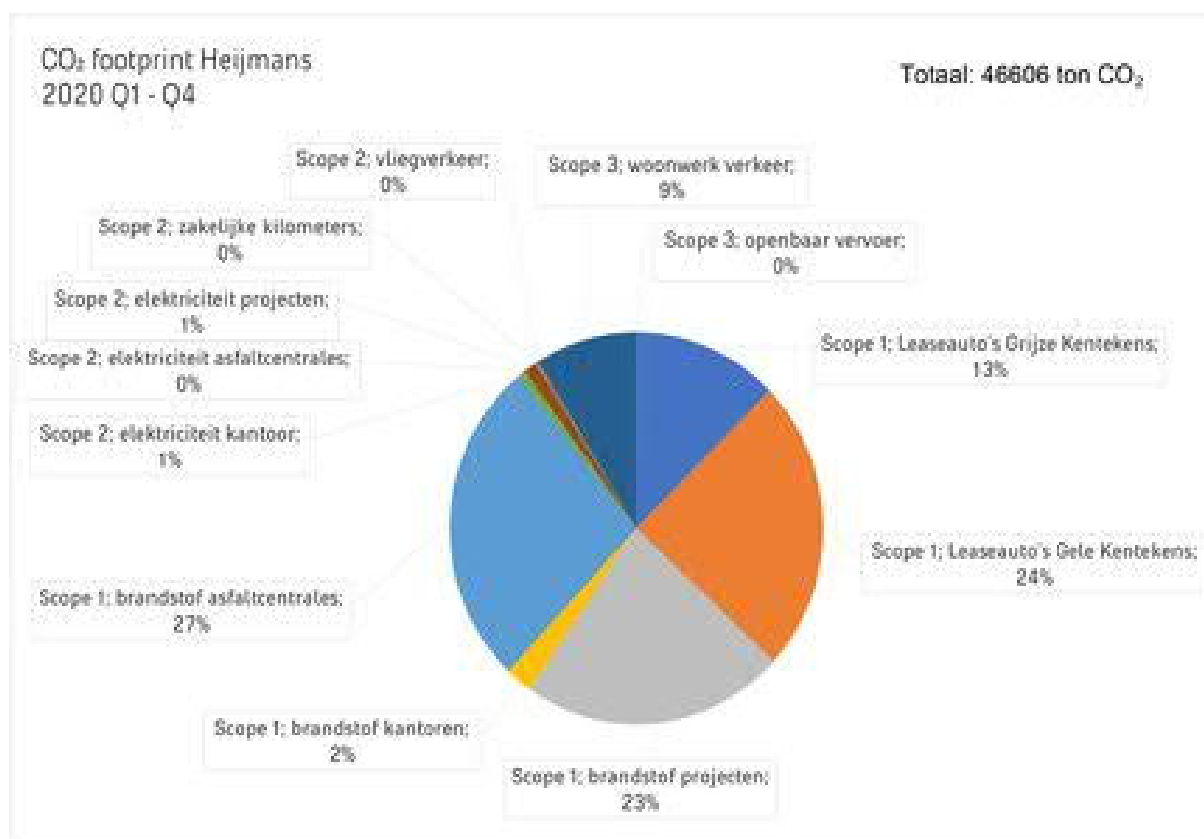
Met dit inzicht kan worden bepaald in welke volgorde de elektrificatie kan worden uitgevoerd. Door de meest vervuilende categorieën het eerste te elektrificeren, wordt een relatief grotere bijdrage geleverd aan het doel, om de uitstoot te halveren. Gekeken naar de uitstoot van de doorslijpers wordt er relatief weinig winst behaald bij de elektrificatie van deze categorie. Op basis van de kostenanalyse kan de afweging worden gemaakt om deze investering uit te voeren.

4.2.4.1 Totale uitstoot Heijmans

In 2019 stootte Heijmans 49519 ton koolstofdioxide uit. Vanuit Heijmans is het doel gesteld om de CO2-uitstoot met de helft te verminderen in 4 jaar tijd. Hierbij wordt het jaar 2019 als uitgangspunt genomen. (CO2-uitstoot in 2020 gedaald, 2020)

Heijmans moet rekening houden met de minimale afname van de koolstofdioxide uitstoot bij elektrificatie van het klein- en handmaterieel. In het jaar 2020 bedraagt de uitstoot van 240 ton CO2, 0,51 procent van de totale uitstoot van Heijmans. Gekeken naar de categorie "Brandstof projecten", waaronder het klein- en handmaterieel valt, beslaat deze categorie 23 procent van de totale uitstoot. Geconcludeerd kan worden dat andere materieelstukken naast het klein- en handmaterieel, verantwoordelijk zijn voor 22,49 procent van de uitstoot.

Heijmans moet op basis van deze gegevens een afweging maken om te investeren in elektrisch klein- en handmaterieel of te investeren in het grotere materieel. De investeringskosten kunnen een belangrijke factor hierin zijn.



Figuur 3 CO₂-footprint Heijmans 2020 Q1-Q4 Bron:

Uit figuur 3 kan worden geconcludeerd dat naast de brandstof van projecten veel winst kan worden behaald bij het elektrificeren van de leaseauto's met gele kentekens en het verduurzamen van de asfaltcentrales.

Het reduceren van de CO₂-uitstoot door middel van elektrificeren zorgt voor een duurzamere wereld. Het elektrisch materieel vraagt geen fossiele brandstoffen meer. Hierdoor wordt er een transitie in gang gezet naar andere vormen van energie (lees: elektriciteit). Heijmans levert een bijdrage aan SDG 13 (het veranderen van de huidige fossiele energiebronnen naar duurzame energiebronnen) door over te stappen op elektrisch materieel. Daarvoor moet echter genoeg duurzame energie in de vorm van elektriciteit voor handen zijn.

4.3 Variantenstudie

In deze paragraaf wordt deelvraag 4 beantwoord. Deelvraag 4 betreft het onderzoek naar een gelijkwaardige elektrische variant voor de huidige brandstofbenodigde varianten. De elektrische variant moet voldoen aan bepaalde selectiecriteria. Deze selectiecriteria zijn gekozen op basis van interviews en literatuurstudie.

4.3.1 Interviews

In deze paragraaf worden de doelen en de wensen van het personeel van Heijmans beschreven.

4.3.1.1 Beleid/doel van Heijmans

In een gesprek met Jan Heijmans (bedrijfsleider) is het doel van Heijmans Infra Regio Zuid geformuleerd. Onderstaande zinnen beschrijven het doel van Heijmans:

- "Het doel is om meer projecten te scoren en om uiteindelijk een transitie tot stand te brengen naar een duurzamer materieelpark",

- “Heijmans zal uit zichzelf gaan verduurzamen ook als dat niet gevraagd wordt door onverantwoordelijke gemeentelijke overheden”.

Uit deze twee zinnen worden de volgende standpunten gehaald.

1. Heijmans wil meer projecten scoren, dit betekent dat de werkwijze van Heijmans daar waar mogelijk emissieloos moet worden. Een reductie van de uitstoot is dus belangrijk om dit doel te bereiken.
2. Heijmans zet zelf de stappen richting een duurzamer materieelpark ook al wordt dit niet geëist vanuit de opdrachtgever of overheden. Uit deze formuleringen is geconcludeerd dat de investering geld mag kosten.

Opvallend is dat Heijmans geld wil investeren in elektrisch materieel ondanks dat overheden dit niet eisen. Bovendien is het opmerkelijk Heijmans al de stap zet naar verduurzaming. Het is namelijk niet gebleken dat elektrisch materieel toekomst biedt. Echter is aangegeven dat ze graag koploper zijn in deze transitie. Door koploper te zijn verwachten zij door de ervaring een sterkere positie in te nemen bij aanbestedingen.

4.3.1.2 Wensen vakmannen en uitvoerders

Om een beeld te krijgen van de belangen van de vakmannen, is een interview gehouden met de vakmannen op verschillende projecten. Gekozen is voor vakmannen die werken met het huidige brandstofbenodigde en elektrische klein- en handmaterieel. Zij hebben namelijk een indruk in de verbeterpunten en eisen voor het vervangende elektrisch materieel. Belangrijke algemene standpunten uit deze interviews zijn onderstaand beschreven. De volledige uitwerking van het interview is te vinden in Bijlage 9.

1. De vakmannen hechten veel waarde aan een elektrische variant in verband met de gezondheid van zichzelf.
2. Echter vinden ze de praktische kant van een elektrische variant belangrijker. Het elektrische materieelstuk moet, gekeken naar de technische specificaties, op zijn minst gelijkwaardig zijn aan de huidige brandstofbenodigde variant.

4.3.2 Selectiecriteria

In deze paragraaf worden de selectiecriteria beschreven. De selectiecriteria toetsen de elektrische variant met als doel een gelijkwaardig materieelstuk te selecteren. De criteria zijn gekozen op basis van de interviews en het doel dat Heijmans voor ogen heeft.

4.3.2.1 Beschrijving selectiecriteria

De volgende criteria worden meegenomen in het selecteren van een vervangende elektrische variant.

Werkbreedte: De werkbreedte is de breedte van de voet van de zandtrilplaten en de sleuvenstampers. Hoe groter de voet, des te meer oppervlakte per slag kan worden verdicht.

Zaagblad: De diameter van het zaagblad bepaald de diepte dat gezagen kan worden in een bepaald materiaal.

Gewicht: Het gewicht bepaald of een materieelstuk gemakkelijk te manoeuvreren is.

Slagkracht: De slagkracht bepaalt het verdichtingsniveau van een materieelstuk.

De gekozen selectiecriteria hebben allemaal invloed op de prestaties van het materieelstuk. Technische specificaties zoals accucapaciteit, afmetingen en de startmethode zijn niet dermate belangrijk om mee te nemen. De accucapaciteit kan oneindig worden bij het gebruik van meerdere accu's. De afmetingen verschillen nauwelijks en hebben geen invloed op de prestaties. De startmethode verschilt per machine. Hier zitten geen voor- en/of nadelen aan.

De handleidingen van de fabrikanten geven opmerkelijk genoeg hogere waardes qua geluidsdruk en geluidsniveau. Daarentegen beweren ze wel dat elektrische materieelstukken stiller zijn. Ook diverse internetbronnen geven aan dat elektrische materieelstukken stiller zijn. Om duidelijkheid te krijgen is een bezoek gebracht aan HMB. Hier zijn de brandstofbenodigde en elektrische materieelstukken gestart. Geconcludeerd kan worden dat de elektrische varianten vele malen stiller zijn.

De technische specificaties komen daarom niet overeen met de werkelijkheid. Ook de fabrikant zelf kon de achterliggende reden niet uitleggen. Vandaar dat geluidsniveau buitengesloten wordt van de selectiecriteria.

4.3.2.2 Zandtrilplaten

Bij de vervanging van de huidige brandstofbenodigde zandtrilplaten moeten de selectiecriteria aan het volgende voldoen:

- De werkbreedte moet minimaal gelijkwaardig of breder zijn dan de brandstofbenodigde variant.
- De slagkracht mag maximaal 5 kN afwijken van de slagkracht van de brandstofbenodigde variant. Dit is respectabel omdat de maximale slagkracht nooit wordt behaald. (Bron: Ton Heijmans, expert Heijmans Materieel Beheer)

De selectiecriteria gewicht en zaagblad zijn niet meegenomen in de vergelijking. Het gewicht van een zandtrilplaat wordt voortbewogen door de machine zelf. De machine moet dus niet getild of geduwd worden door een vakman. Het zaagblad is alleen van toepassing op de doorslijpers.

4.3.2.3 Doorslijpers

Bij de vervanging van de huidige brandstofbenodigde doorslijpers moeten de selectiecriteria aan het volgende voldoen:

- Het zaagblad moet minimaal 300 mm zijn om gemakkelijk een snede te kunnen maken. (Goos Online B.V., z.d.) Deze eis komt voort uit de interviews met de vakmannen.
- Het gewicht moet onder de 23 kilogram om te voldoen aan de Arbowetgeving. Een doorslijper wordt namelijk opgetild.

De werkbreedte en de slagkracht zijn niet van toepassing bij de doorslijpers.

4.3.2.4 Sleuvenstampers

Bij de vervanging van de huidige brandstofbenodigde sleuvenstampers moeten de selectiecriteria aan het volgende voldoen:

- De werkbreedte moet minimaal gelijkwaardig of breder zijn dan de brandstofbenodigde variant.
- De slagkracht moet minimaal gelijkwaardig of hoger zijn dan de brandstofbenodigde variant.
- Het gewicht mag maximaal 10% afwijken van de brandstofvariant om hanteerbaar genoeg te zijn in het werkveld.

Het zaagblad is niet van toepassing bij dit materieelstuk.

4.3.3 Vergelijkingsanalyse

Voor het onderzoek wordt een brandstofbenodigde variant gekoppeld aan een elektrische vervangende variant. De keuze van ieder koppel is gemaakt op basis van de selectiecriteria.

In Bijlage 10 worden de technische specificaties van de varianten op basis van de gestelde eisen gecontroleerd. In het **rood** zijn de specificaties gemarkeerd die niet voldoen aan de gestelde selectiecriteria. In het **groen** zijn de technische specificaties te zien die wel voldoen weergeven.

De volgende materieelstukken kunnen als vervangend materieelstuk dienen voor de bijbehorende brandstofvariant:

Brandstofbenodigde variant	Vervangende elektrische variant	Categorie
Wacker DPS1850	Wacker AP1850e	Trilplaat
Wacker DPS3060	Wacker AP2560e	Trilplaat
Wacker BTS1030L3	Milwaukee MXF-COS350	Doorslijper
Husqvarna K760	Milwaukee MXF-COS350	Doorslijper
Stihl TS410	Milwaukee MXF-COS350	Doorslijper
Wacker BS60Y	Wacker AS50e	Sleuvenstamper
Wacker BS60Y	Wacker AS60e	Sleuvenstamper

Tabel 3 Vervangende elektrische varianten

4.3.4 Analyse variantenstudie

Voor de Wacker BS60Y zijn twee elektrische varianten die kunnen dienen als vervangend materieelstuk. Uiteindelijk is de Wacker AS50e als vervangende variant gekozen. Deze keuze komt voort uit de kosten voor het product en de minimale verbetering van de prestaties. De vervangende materieelstukken worden meegenomen in een kostenanalyse.

Geconcludeerd kan worden dat voor 8 van de 9 materieelstukken een elektrische variant op de markt beschikbaar is die voldoet aan de gestelde selectiecriteria. Heijmans kan daardoor de stap zetten naar een bijna volledig aanbod in elektrisch klein- en handmaterieel.

Het materieelstuk dat niet vervangen kan worden is de Wacker DPU6055. Deze trilplaat heeft een grote slagkracht wat veel vermogen vergt van de motor. Een elektrische variant is nog niet beschikbaar voor dit materieelstuk. Dit komt door het grote vermogen dat wordt gevraagd van het accupakket. Daarvoor is de accucapaciteit zo laag, dat de accu zeer snel leeg is.

Dit probleem is ook terug te zien in de autosector zoals besproken bij het theoretisch kader. De technologie moet tijd hebben om zich verder te ontwikkelen.

4.4 Kostenanalyse

In deze paragraaf wordt deelvraag 5 beantwoord. Deze deelvraag gaat verder in op de kosten en effecten van de investering in elektrisch materieel. Vanuit de variantenstudie zijn elektrische varianten gekozen die ter vervanging kunnen dienen voor de huidige brandstofbenodigde varianten. Echter is een investering in elektrisch materieel alleen aantrekkelijk als de kosten en effecten tegen elkaar opwegen.

4.4.1 Aanschafkosten

De aanschafkosten zijn gebaseerd op de prijzen van de fabrikant. De prijzen zijn telefonisch/ per E-mail opgevraagd bij Wacker Neuson, Milwaukee, Stihl en Husqvarna. De prijzen van handelsondernemingen liggen ver uit elkaar. De prijs van de fabrikant fluctueert nauwelijks en dient daarom als uitgangspunt. Deze prijs is echter lager dan de prijs van handelsondernemingen. De aanschafkosten worden verdeeld over de levensduur. Gekozen is om geen restwaarde aan te nemen. Hierdoor wordt de volledige investering terugverdiend over de levensduur. De reden daarvoor is dat wanneer de restwaarde achteraf niet gehaald wordt dit dan niet zorgt voor een groot verlies.

De levensduur van elektrische varianten is vastgesteld op 10 jaar. Uit een telefonisch gesprek met [REDACTED] (accountmanager Wacker Neuson) wordt zelfs verwacht dat de levensduur van zowel de accu's, opladers en materieelstukken rond de 15 jaar ligt. Echter werd ook aangegeven dat de oudste elektrische variant nu 6 jaar oud is. Dit materieelstuk gaat op dit moment nog prima mee en heeft nog geen gebreken gehad. Milwaukee gaf aan dat de doorslijper rond de 12 à 13 jaar meegaat. Ook zij gaven aan dat dit een aanname is. De eerste varianten moeten deze levensduur namelijk nog behalen. Met de informatie uit de telefonische gesprekken is gekozen voor een levensduur van 10 jaar. Deze levensduur lijkt haalbaar en biedt daarom een goede basis voor de kostenanalyse.

4.4.2 Brandstofkosten

De kosten per liter brandstof zijn opgevraagd bij Mark van Son (Magazijnbeheerder). De prijzen zijn opgevraagd voor Diesel, Aspen 2 en Aspen 4. De benzinemotoren van Heijmans draaien allemaal op Aspen 2 of 4. Benzine wordt niet als brandstof gebruikt. Aspen wordt de laatste jaren gebruikt als vervanger van benzine, omdat de uitstoot op de werklocatie schoner is ten opzichte van benzine. (Aspen Benelux bv., z.d.). Het gemiddelde verbruik per jaar per materieelstuk is gebaseerd op de CO₂-berekeningen. Dit verbruik is vermenigvuldigd met de kosten om een inzicht te krijgen in de

brandstofkosten. Deze brandstofkosten zijn geverifieerd bij uitvoerders van Heijmans. Zij hebben deze positief bevestigd.

4.4.3 Kosten keuringen, onderhoud en reparatie

Heijmans hanteert een bepaald bedrag voor de keuringen, onderhoud en reparatie van materieelstukken. Deze staan genoteerd in het document "Basisbestand Huurtarieven HMB Nieuw, 14 april 2021". De kosten die aangehouden worden in dit document zijn gebaseerd op de ervaringen van Heijmans Materieel Beheer en worden daarom valide beschouwd. In de kostenanalyse worden deze kosten samengevat als R&O.

4.4.4 Kosten elektriciteit

Heijmans koopt rechten in om grijze stroom als groen te labelen. De kosten voor dit label ligt op 0,15 euro per kWh (Bron: Stefan Daamen, Adviseur Duurzaamheid). In een telefonisch gesprek met een technisch ontwerper van PowerSolutions is het aantal kWh gevraagd dat vrijkomt bij de omzet van 1 liter brandstof.

- 1 liter benzine = 3 (2,9) kWh elektriciteit = €0,45
- 1 liter diesel = 3 (3,2) kWh elektriciteit = €0,45

4.4.5 Kosten investering

In onderstaande tabel 4 staan alle kostenposten ingevuld bij de materieelstukken. Deze tabel dient als basis voor de kostenanalyse. De elektrische varianten staan aangegeven in het **groen**. De brandstofbenodigde varianten zijn aangegeven in het **grijs**.

Materieelstuk	Aanschafkosten (€)	Restwaarde (€)	Verwachte levensduur	Afschrijving per jaar (€)	R&O (€)	Brandstofprijs
Wacker AP1850e	2787	0	10	279	100	196
Wacker AP2560e	4734	0	10	473	100	196
Wacker AS50e	3810	0	10	381	100	43
Wacker AS60e	4060	0	10	406	100	43
BP1000 (accu)	1498	0	10	150	50	0
BP1400 (accu)	2101	0	10	210	50	0
C48/4 (gewone lader)	374	0	10	37	50	0
C48/13 (snellader)	1275	0	10	128	50	0
Milwaukee MXF-COS350	800	0	10	80	100	36
Accu doorslijper	600	0	10	60	50	0
Oplader Accu doorslijper	250	0	10	25	50	0
Zandtrilplaat 107/1800 KG V	2.571	0	15	171	500	371
Zandtrilplaat 170/2300 KG V	3500	0	15	233	500	371
Doorslijper Stihl/Husqvarna	910	0	15	61	100	217
Wacker Stamper BS60Y	1950	0	15	130	0	260

Tabel 4 Kostenposten materieel Heijmans

Voor de kostenanalyse zijn de elektrische materieelstukken in 4 groepen verdeeld. In Bijlage 11 staat de opbouw van de groepen. Per groep zijn de kosten per jaar berekend. De kosten per jaar zijn een optelling van de afschrijving, brandstof/elektriciteit kosten en R&O. Een groep bestaat uit één volledige set (materieelstuk + accu en oplader).

Gekozen is om voor iedere groep de gewone accu en oplader te pakken. Hierdoor kan ieder materieelstuk worden gebruikt op hetzelfde moment. In de kostenanalyse is niet meegenomen;

- Extra accu's
- Grotere accu's (BP1400)
- Extra opladers
- Snelladers (C48/13)

Heijmans kan naarmate de ervaring in elektrisch materieel toeneemt extra materieelstukken aanschaffen. Dit is echter alleen op basis van ervaring mogelijk. Door direct in extra materieelstukken te investeren kunnen faalkosten ontstaan doordat materieelstukken achteraf overbodig zijn.

Om inzicht te krijgen in de terugverdientijd van de investering zijn de kosten van een elektrisch materieelpark ten opzichte van een brandstofbenodigd materieelpark tegen elkaar uitgezet over een periode van 15 jaar. De kosten van iedere groep is vermenigvuldigd met het aantal materieelstukken in die categorie en het aantal jaar in de periode.

4.4.5.1 Kosten over een periode van 15 jaar

In tabel 5 staan de kosten per jaar per groep beschreven. In de gele kolom staan de totale kosten opgeteld voor de gehele investering per jaar. Dit is een optelsom van de vier groepen. De gele kolom is een cumulatieve optelling,

Onderaan in het rood staat het financiële verschil tussen elektrisch materieel en brandstofbenodigend materieel over een periode van 15 jaar. Een negatief verschil betekent dat de investering zich niet terugverdiend. Bij een levensduur van 10 jaar (tabel 4) is te zien dat de doorslijpers (groep 3) en sleuvenstampers (groep 4) zich niet terugverdienen. De gehele investering geeft bij een levensduur van 10 jaar en na een periode van 15 jaar, een resultaat van €-247.059 euro. Het is uiteindelijk alleen financieel aantrekkelijk om bij deze levensduur te kiezen in een investering in groep 1 en groep 2.

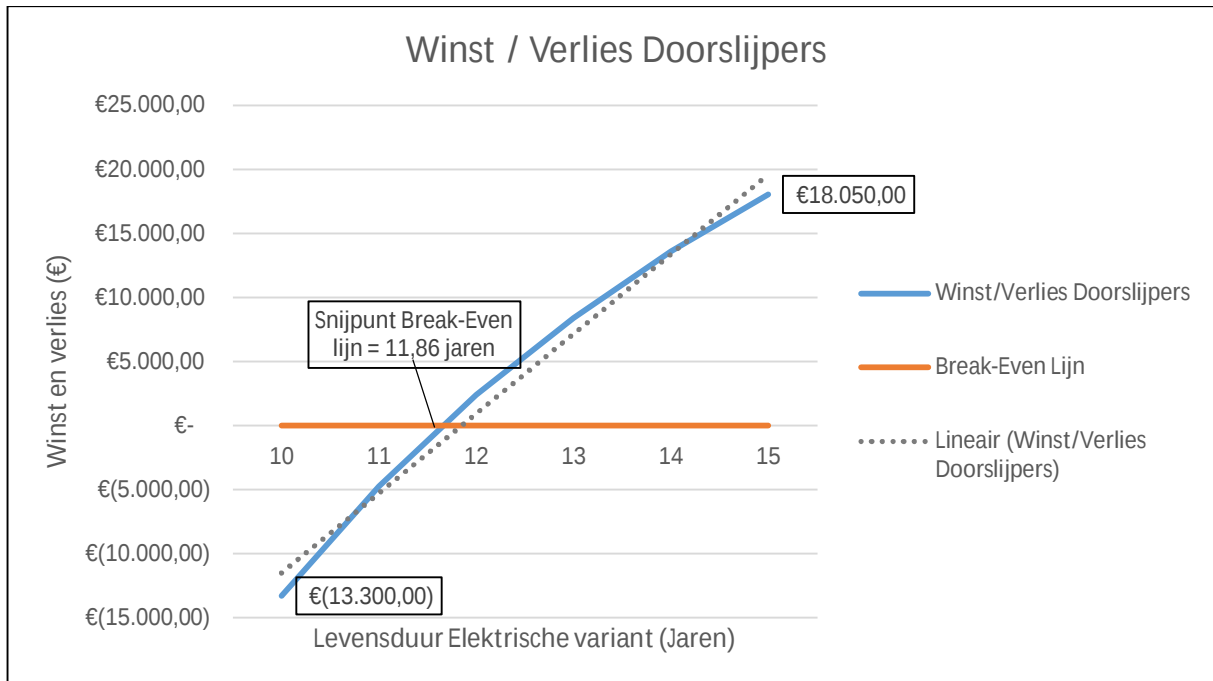
Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 10.342,80	€ 11.622,60	€ 15.238,00	€ 101.400,00	€ 138.603,40
2	€ 20.685,60	€ 23.245,20	€ 30.476,00	€ 202.800,00	€ 277.206,80
3	€ 31.028,40	€ 34.867,80	€ 45.714,00	€ 304.200,00	€ 415.810,20
4	€ 41.371,20	€ 46.490,40	€ 60.952,00	€ 405.600,00	€ 554.413,60
5	€ 51.714,00	€ 58.113,00	€ 76.190,00	€ 507.000,00	€ 693.017,00
6	€ 62.056,80	€ 69.735,60	€ 91.428,00	€ 608.400,00	€ 831.620,40
7	€ 72.399,60	€ 81.358,20	€ 106.666,00	€ 709.800,00	€ 970.223,80
8	€ 82.742,40	€ 92.980,80	€ 121.904,00	€ 811.200,00	€ 1.108.827,20
9	€ 93.085,20	€ 104.603,40	€ 137.142,00	€ 912.600,00	€ 1.247.430,60
10	€ 103.428,00	€ 116.226,00	€ 152.380,00	€ 1.014.000,00	€ 1.386.034,00
11	€ 113.770,80	€ 127.848,60	€ 167.618,00	€ 1.115.400,00	€ 1.524.637,40
12	€ 124.113,60	€ 139.471,20	€ 182.856,00	€ 1.216.800,00	€ 1.663.240,80
13	€ 134.456,40	€ 151.093,80	€ 198.094,00	€ 1.318.200,00	€ 1.801.844,20
14	€ 144.799,20	€ 162.716,40	€ 213.332,00	€ 1.419.600,00	€ 1.940.447,60
15	€ 155.142,00	€ 174.339,00	€ 228.570,00	€ 1.521.000,00	€ 2.079.051,00

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 12.508,80	€ 12.147,67	€ 14.351,33	€ 83.125,00	€ 122.132,80
2	€ 25.017,60	€ 24.295,33	€ 28.702,67	€ 166.250,00	€ 244.265,60
3	€ 37.526,40	€ 36.443,00	€ 43.054,00	€ 249.375,00	€ 366.398,40
4	€ 50.035,20	€ 48.590,67	€ 57.405,33	€ 332.500,00	€ 488.531,20
5	€ 62.544,00	€ 60.738,33	€ 71.756,67	€ 415.625,00	€ 610.664,00
6	€ 75.052,80	€ 72.886,00	€ 86.108,00	€ 498.750,00	€ 732.796,80
7	€ 87.561,60	€ 85.033,67	€ 100.459,33	€ 581.875,00	€ 854.929,60
8	€ 100.070,40	€ 97.181,33	€ 114.810,67	€ 665.000,00	€ 977.062,40
9	€ 112.579,20	€ 109.329,00	€ 129.162,00	€ 748.125,00	€ 1.099.195,20
10	€ 125.088,00	€ 121.476,67	€ 143.513,33	€ 831.250,00	€ 1.221.328,00
11	€ 137.596,80	€ 133.624,33	€ 157.864,67	€ 914.375,00	€ 1.343.460,80
12	€ 150.105,60	€ 145.772,00	€ 172.216,00	€ 997.500,00	€ 1.465.593,60
13	€ 162.614,40	€ 157.919,67	€ 186.567,33	€ 1.080.625,00	€ 1.587.726,40
14	€ 175.123,20	€ 170.067,33	€ 200.918,67	€ 1.163.750,00	€ 1.709.859,20
15	€ 187.632,00	€ 182.215,00	€ 215.270,00	€ 1.246.875,00	€ 1.831.992,00
Vershil na 15 jaar	€ 32.490,00	€ 7.876,00	€ -13.300,00	€ -274.125,00	€ -247.059,00

Tabel 5 Kostenberekening over een periode van 15 jaar

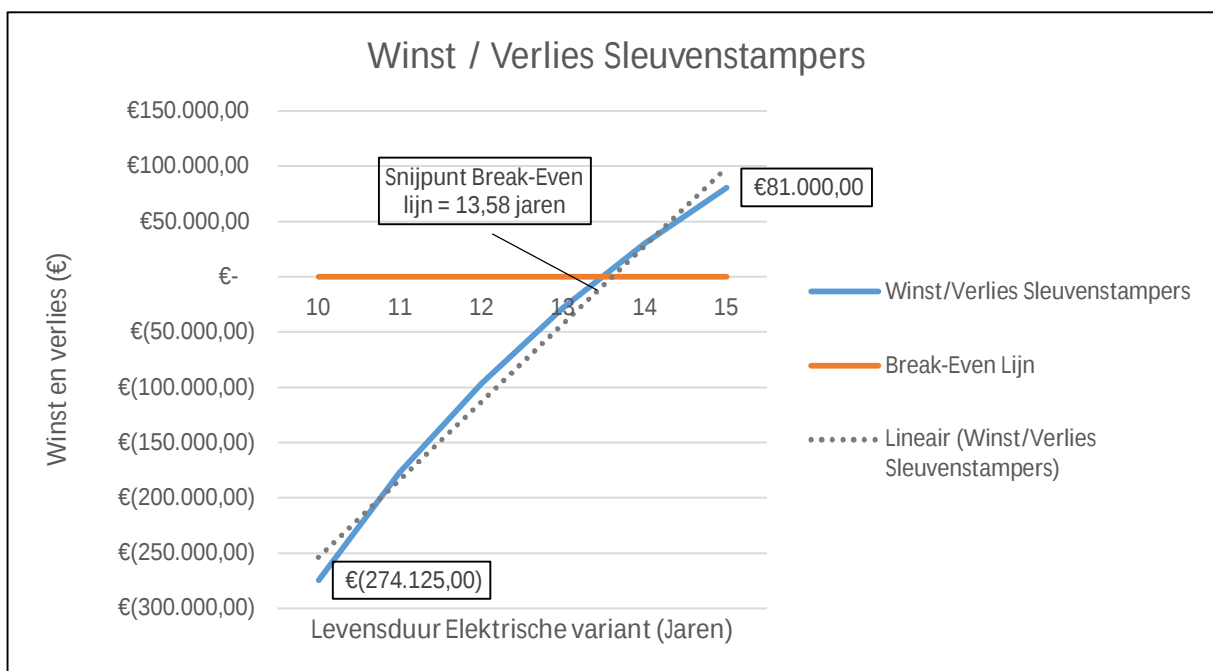
4.4.6 Analyse kostenberekening

Om inzicht te krijgen in het effect van de levensduur op de investering zijn de kosten berekend bij verschillende levensduren. In grafiek 4 staat het effect van de levensduur uitgezet tegenover het kostenverschil van de investering. Om de elektrische doorslijpers (groep 3), individueel gezien, een winstmakende investering te laten zijn moet de levensduur van de doorslijpers 11,86 jaren zijn.



Grafiek 4 Break-evenpunt investering doorslijpers

In grafiek 5 staat het effect van de levensduur uitgezet tegenover het kostenverschil van de investering. Om de sleuvenstampers (groep 4), individueel gezien, een winstmakende investering te laten zijn moet de levensduur van de doorslijpers 13,58 jaren zijn.

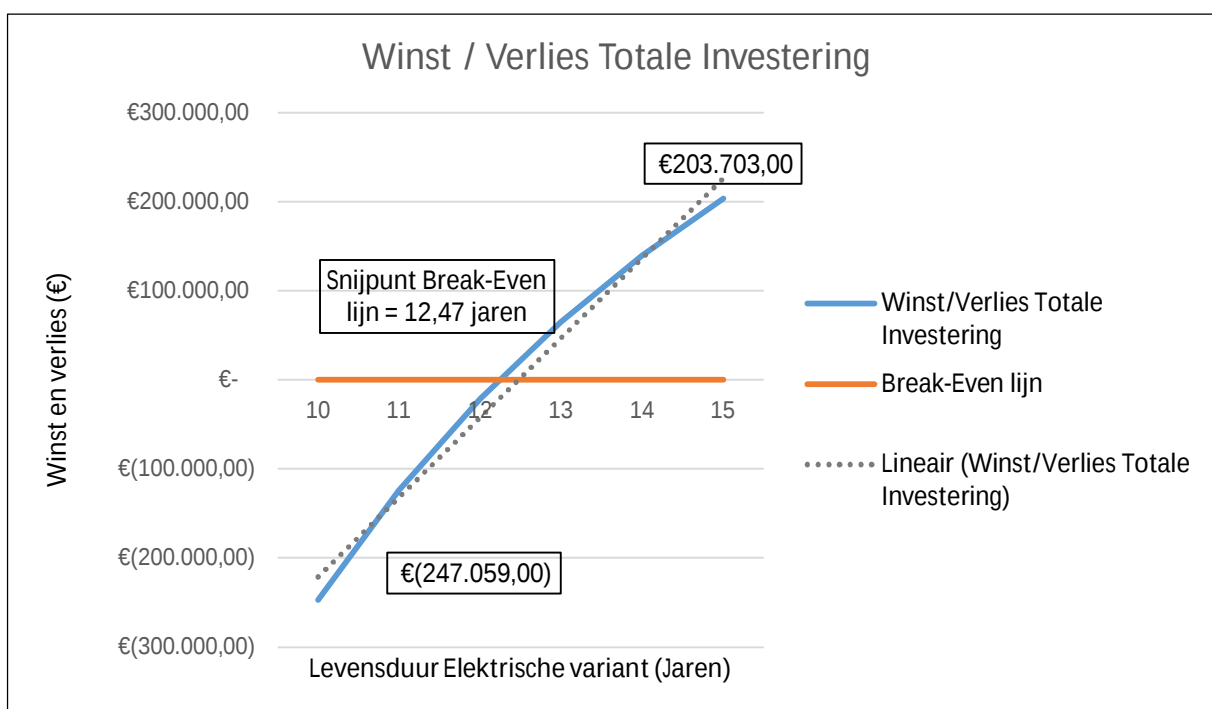


Grafiek 5 Break-evenpunt investering sleuvenstampers

Omdat in de kostenanalyse rekening wordt gehouden met een korte levensduur van het materieelstuk, zijn groep 3 en 4 niet aantrekkelijk om in te investeren. Echter kan, op basis van de uitspraken van de fabrikanten, de levensduur hoger worden ingeschat. Zowel voor groep 3 als groep 4 wordt de investering individueel gezien winstgevend.

Bovendien kan Heijmans kiezen om de winst van groep 1 en groep 2 te gebruiken om het financiële verlies van groep 3 tegen te gaan. In de rode balk is te zien dat groep 1 en groep 2 na 15 jaar een positief verschil opleveren van $\text{€}32.490 + \text{€}7.876 = \text{€}40.366$. Met dit bedrag kan het negatieve verschil bij groep 3 worden verwaarloosd. Bij een investering in groep 1, groep 2 en groep 3 komt de winst op $\text{€}40.366 - \text{€}13.300 = \text{€}27.066$.

Een levensduur van 12,47 jaren moet worden behaald om de investering in alle vier de groepen winstgevend te laten zijn. Als het elektrisch materieel een levensduur van 15 jaar behaald, kan een winst worden behaald van $\text{€}203.703$ euro. Dit wordt weergegeven in grafiek 6. In [Bijlage 12](#) staan de kosten weergegeven voor een levensduur van 11 tot en met 15 jaar.



Grafiek 6 Break-evenpunt totale investering

Een terugverdientijd van 12,47 jaren is lang en niet aantrekkelijk. De kans dat deze levensduur wordt gehaald is namelijk nog onzeker. Daar komt bij dat de technologische ontwikkelingen op het gebied van deze transitie zeer snel achter elkaar volgen. Gedurende de terugverdientijd kan het voorkomen dat de technologische ontwikkelingen zo ver zijn dat andere elektrische varianten of andere energiebronnen op de markt kunnen worden aangeboden.

Zo zijn de laatste jaren veel onderzoeken uitgevoerd naar waterstof als energiebron. Diverse fabrikanten hebben een waterstofmotor op de markt gebracht. Van Gelder, een andere aannemer, heeft zelfs enkele grondverzetmachines besteld die lopen op waterstof. (A. (2020, 6 februari). Stage V-normen voor het milieu. Grond, weg en waterbouw.)

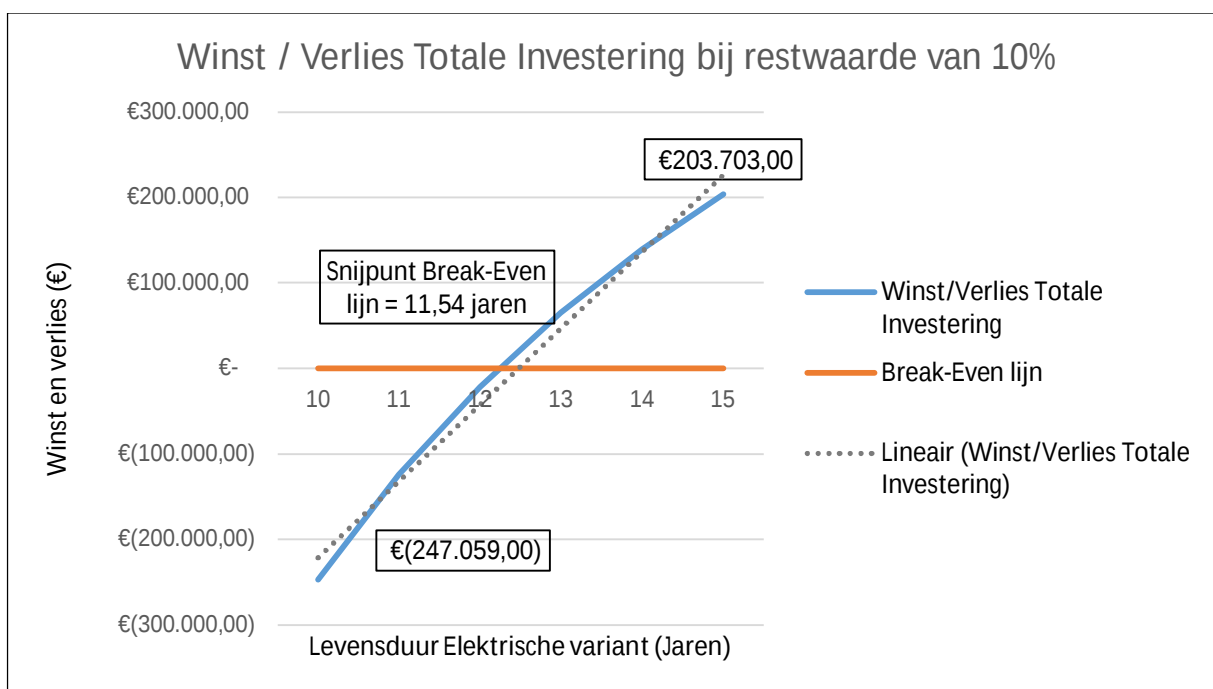
Om toch te kunnen investeren kan Heijmans kiezen voor versnelde afbetaling van het materieel. Door bijvoorbeeld binnen 5 jaar de aanschafkosten af te betalen hebben ze in ieder geval de zekerheid dat het geld terug is verdiend. Echter heeft dit als gevolg dat er minder winst op projecten wordt gemaakt, omdat de huurprijs van een materieelstuk hoger is. De hogere huurprijs is minder aantrekkelijk voor uitvoerders om te gebruiken. Zij willen immers de winst op een project vergroten. Dit resulteert in een tweestrijd tussen de directie en de uitvoerders. Dit moet worden voorkomen.

4.4.6.1 Versoepeling uitgangspunten

De gestelde uitgangspunten bij de uitgevoerde kostenanalyse zijn streng. Hierdoor worden risico's kleiner.

Voor de restwaarde van alle materieelstukken is gekozen voor 0 euro. Door deze keuze te maken kan aan het einde van de levensduur worden voorkomen dat een gedeelte van de aanschafkosten niet is afbetaald. Echter is in gesprek met Harmen Lamers, exploitatiebeheerder en tevens verantwoordelijk voor de veilingen van het materieel bij Heijmans, de restwaarde van elektrisch materieel besproken. Uit dit gesprek kan worden geconcludeerd dat de restwaarde tussen de 5 à 10 procent zit van de aanschafkosten. Dit was echter een schatting op basis van ervaringen.

Bij een restwaarde van 10 procent van het aanschafbedrag komt, bij een levensduur van 10 jaar, een verlies van €146.598.60. Dit is een verschil van €247.059 euro - €146.598.60 = €100.460,40. Daarmee wordt de terugverdiëntijd van de totale investering vermindert tot 11.54 jaren. Ook dit is een lange terugverdiëntijd.



Grafiek 7 Break-evenpunt totale investering met een restwaarde van 10%

Mogelijk is in de toekomst een reductie in aanschafwaarde vanuit de fabrikant mogelijk door efficiëntere productieprocessen of toenemende concurrentie. Door deze twee factoren kan de prijs van een materieelstuk dalen. Echter moet ook rekening worden gehouden met de vraag naar het product. Omdat komende jaren elektrificatie van bouw materieel centraal staat, neemt de vraag snel toe. Daardoor kan het ook voorkomen dat de prijzen stijgen. In een gesprek met Wacker Neuson verwachten zij een prijsstijging van 3 tot 5 procent.

Daarnaast zijn vanuit de overheid de MIA/VAMIL-regelingen opgezet. Deze regelingen kunnen een reductie geven in de aanschafkosten van materieelstukken. (RVO, z.d.)

Geconcludeerd kan worden dat Heijmans het beste kan investeren in elektrische zandtrilplaten. Dit geeft een economisch voordeel. Echter zijn er verschillende strategieën die gehandhaafd kunnen worden om ook in groep 3 en groep 4 te investeren. Hiervoor moet Heijmans meer risico nemen qua terugverdientijd. Echter is de kans zeer aanwezig dat dit resulteert in een economisch verlies.

4.4.7 Effecten investering

Gezien het financiële verlies, is de investering niet aantrekkelijk om uit te voeren. Aannemers beogen namelijk het doel om winst te maken. Echter investeren vele aannemers in elektrisch materieel. (Vraag naar elektrische bouwmachines groeit, aanbod blijft nog achter, z.d.) Om te achterhalen wat de beweegredenen zijn achter het investeren in elektrisch materieel, is een literatuurstudie uitgevoerd. Daarnaast zijn diverse aannemers benaderd.

4.4.7.1 Beweegredenen om te investeren in elektrisch materieel.

Uit literatuuronderzoek is gebleken dat de volgende effecten, beweegredenen kunnen zijn om te investeren in elektrisch materieel.

- Gezondere projectomgeving

De transitie van brandstofbenodigd materieel naar elektrisch materieel zorgt voor geen emissie van uitlaatgassen op bouwplaats. Uitlaatgassen zorgen op termijn voor nare gezondheidseffecten. (Uitlaatgassen, 2018). Door emissieloos te bouwen kan de kans op nare gezondheidseffecten worden verminderd.

In een telefonisch gesprek met Peter Klerks (Uitvoerder BAM) is gevraagd of daadwerkelijk ziekteverzuim optreedt door de slechte luchtkwaliteit op de bouwplaats. Hij gaf aan geen concreet bewijs te hebben dat aantoonde dat de luchtkwaliteit van invloed was op het ziekteverzuim.

Het samenhangende verband tussen de luchtkwaliteit en het ziekteverzuim is echter moeilijk in kaart te brengen. Toch geeft wetenschappelijk onderzoek aan dat de luchtkwaliteit wel duidelijk invloed heeft op de gezondheid van de mens. (NU.nl, 2018)

Geconcludeerd kan worden dat de kans op ziekteverzuim afneemt. Bovendien laat het zien dat de aannemer staat voor de gezondheid en veiligheid van het personeel.

- Lagere brandstofkosten

Brandstofkosten kunnen veel fluctueren. (AD.nl, z.d.) Dit komt omdat de grondstoffen steeds schaarser worden. Door de schaarste kunnen de brandstofprijzen omhooggaan waardoor een aannemer extra geld moet vrijmaken om het materieel te kunnen gebruiken. Het overstappen op elektrisch materieel zorgt voor onafhankelijkheid van brandstof en dus minder risico bij de fluctuatie van de brandstofprijzen.

Echter zit er een kanttekening aan de investering in elektrisch materieel. Elektrisch materieel bevat accu's die veelal veel lithium bevatten. Ook Kobalt wordt teruggevonden in de accu's. Door investering in elektrisch materieel wordt de vraag naar deze grondstoffen groter. Ook bij deze grondstoffen is er sprake van schaarste. (NOS, 2020) Logischerwijs zou dit betekenen dat in de toekomst de productiekosten bij de fabrikanten omhooggaat omdat de grondstoffen duurder zijn geworden. Dit resulteert bij de aannemer in hogere aanschafprijzen.

Bovendien kan de elektriciteitsprijs ook stijgen. Ook dit resulteert in hogere kosten om het materieel draaiende te houden.

Geconcludeerd kan worden dat de investering in elektrisch materieel het risico van hoge fossiele brandstofprijzen wegneemt. Dit risico wordt vervangen door het risico op hogere elektriciteits- en aanschafkosten.

- Lagere onderhoudskosten

De onderhoudskosten van elektrisch materieel liggen lager dan dat van brandstofvarianten. Bij elektrisch materieel zijn er minder draaiende onderdelen in de aandrijving. Dit zorgt voor minder slijtage wat resulteert in minder onderhoud. Dit wordt versterkt door het onderzoek van SGS Search waaruit blijkt dat de onderhoudskosten daadwerkelijk lager liggen bij elektrisch materieel.

Ook in de kostenanalyse is te zien dat de onderhoudskosten lager zijn bij de elektrische variant (Bv. Zandtrilplaat 200 euro tegenover 500 euro). Een aannemer kan door te investeren in elektrisch materieel veel onderhoudskosten besparen.

Wel moet gekeken worden naar de levensduur van elektrische materieelstukken. Bij een kortere levensduur worden de afschrijving hoger. Dit kan het positieve effect van lagere onderhoudskosten verwaarlozen.

- Hogere kans op gunningen op aanbestedingen van (binnenstedelijke) projecten

Bij het gebruik van elektrisch materieel komen geen uitlaatgassen vrij. Door als bedrijf de uitstoot terug te dringen en een innovatieve houding aan te nemen in het verduurzamen van het bedrijf, wordt de plek op de CO2-prestatieladder beter (of behouden in het geval van trede 5).

Een aannemer, die investeert in elektrisch materieel, heeft daardoor een voordeel bij de gunning. Des te hoger de trede, des te hoger de fictieve korting op de aanbestedingsprijs. Daarmee verhoogt de aannemer de kans om het project te krijgen gegund. (SKAO, z.d.)

Bovendien heeft het werken met elektrisch materieel ook andere positieve bijdragen bij een aanbesteding. Het werken met elektrisch materieel zorgt voor minder geluidsoverlast. Ook wordt de hevigheid van de trillingen, door bijvoorbeeld een zandtrilplaat, verminderd. Daarnaast wordt de luchtkwaliteit voor de omwonenden beter. Samenvattend zorgt elektrisch materieel voor minder hinder/overlast voor omwonenden. Opdrachtgevers kunnen pluspunten toekennen als een aannemer laat zien rekening te houden met de omgeving.

- Verbetering van de reputatie

Door voorop te lopen qua innovatie kan een positief beeld worden verspreid van het bedrijf. Door het nieuws en communicatie binnen de sector, kan het zorgen voor een verbetering van de reputatie. Aannemers vallen graag op tussen de opdrachtgevers. Doordat een bedrijf laat zien dat ze zich inzetten voor een emissieloos bouwproject, kan de interesse worden gewerkt van nieuwe opdrachtgevers. Hieruit kan extra werk voortkomen.

4.4.8 Analyse effecten

De effecten die zijn beschreven hebben zowel een negatieve als positieve effecten voor Heijmans. De investering in zijn geheel zorgt voor een financieel verlies. Heijmans kan door bovenstaande effecten de analyseren, een afweging maken of het financiële verlies op weegt tegen de effecten.

De effecten hebben soms indirect gevolg op vele neveneffecten. Zo kan worden verondersteld dat een hogere kans op gunningen, meer werk kan gaan opleveren. Dit heeft een positief effect op de werkloosheid in Nederland. Daar tegenover staat weer het nadeel dat Heijmans meer projecten over een langere periode moet gegund krijgen. Anders gaat het aantal banen achteruit.

De volgende effecten van het geheel zijn permanent te noemen:

- De luchtkwaliteit rondom de projectomgeving wordt schoner
- De omgeving ervaart minder overlast qua geluid, trillingen en uitlaatgassen
- Lagere onderhoudskosten.

Het effect van lagere brandstofkosten is echter ook gedeeltelijk permanent. Maar de stijging van de elektriciteitsprijzen kan in de toekomst zorgen voor het tegenstelde effect. Vandaar dat deze niet geheel permanent is.

De hogere kans op gunningen is vooral in de eerste jaren van deze transitie een voordeel. In de toekomst kan worden verwacht dat meerdere aannemers een emissieloos materieelpark hebben. Daardoor is het bij gunningen geen voordeel meer, maar eerder een voorwaarde.

De verbetering van de reputatie is daarnaast ook van tijdelijke duur. Net zoals bij de beschrijving van de gunningen is het voornamelijk in het begin van de transitie een verbetering van de reputatie. In de toekomst wordt het eerder normaal. Ook eventuele falen gedurende bouwprojecten etc. hebben invloed op de reputatie. Daardoor kan geen permanente verbetering van de reputatie worden beloofd.

Bovenstaande effecten staan samengevat in tabel 6. Hierin staan de gevolgen door het investeren in elektrisch materieel voor Heijmans uitgewerkt. In het **groen** staan de positieve effecten, in het **rood** de negatieve effecten van de investering.

Effecten	Gevolgen voor Heijmans
Terugverdiëntijd	De investering heeft een lange terugverdiëntijd. Heijmans loopt veel risico op een verliesmakende investering. Dit komt mede door de nog onbekende levensduur van het elektrische materieel.
Projectomgeving	De projectlocatie wordt gezonder door afname van uitlaatgassen. Hierdoor wordt de kans op ziekteverzuim vermindert en is het beter voor de huidige en toekomstige gezondheid van de medewerkers.
Brandstofkosten	De brandstofkosten fluctueren veel. Heijmans heeft hiervan geen last als ze overgaan op elektriciteit.
Hogere elektriciteitskosten	De kosten van elektriciteit kunnen in de toekomst toenemen. Het gevolg is dat het voordeel van lagere brandstofkosten niet meer geldt.
Onderhoudskosten	De onderhoudskosten van elektrisch materieel liggen lager dan dat van brandstofbenodigd materieel. Heijmans kan veel onderhoudskosten besparen door over te stappen op elektrisch materieel.
Omgevingshinder	Omgevingshinder wordt vermindert. Dit heeft voorkeur bij opdrachtgevers en geeft een betere positie bij de aanbestedingen.
CO2-prestatieladder	Door het terugdringen van de uitstoot wordt de plek van Heijmans op de prestatieladder niet beter. Heijmans profiteert momenteel al van de voordelen van de hoogste trede (nr. 5). Een voorwaarde om deze plek te behouden is dat het bedrijf doorgaat met innovatieve oplossingen om de uitstoot verder terug te dringen. Door te investeren in elektrisch materieel worden de voordelen niet groter, maar wel behouden.
Reputatie	Heijmans valt meer op bij opdrachtgevers door innovatieve oplossingen en emissieloos te bouwen. Dit geeft een positieve wending aan de reputatie van Heijmans.

Tabel 6 Effecten-gevolgen tabel bij investering in elektrisch materieel

4.5 Visie bouwsector omtrent elektrificeren

De bouwwereld bestaat uit vele bedrijven, partijen, organisaties en overheden. Alle hebben een visie omtrent het elektrificeren van het materieel en het terugdringen van de uitstoot. In deze paragraaf wordt de visie van de bouwwereld onderzocht over dit onderwerp. Dit is tevens de beantwoording van deelvraag 6. Door de visie omtrent elektrificeren van meerdere kanten te bekijken, kan Heijmans kijken of de visie past bij de rest van de bouwsector. Dit kan een eventuele investering in elektrisch materieel stimuleren of afzwakken.

4.5.1 Visie Heijmans Infra

Heijmans wil na 2023 CO₂-neutraal bouwen. Daarnaast streven ze naar volledig emissieloos bouwen in 2026. Om deze doelen te bereiken zet Heijmans zich in om de bedrijfsvoering in zijn totaliteit te verduurzamen. Vanuit de bedrijfsvoering zijn enkele beweegredenen te benoemen, om te investeren in de transitie naar een emissieloos materieelpark.

- Vooroplopen in de transitie
- Betere positie bij (binnenstedelijke) aanbestedingen
- Gezondere werkomgeving
- Behouden trede 5 op de CO₂-prestatieladder

In een gesprek met Jan Heijmans is aangegeven dat Heijmans doelt op investeren in elektrisch materieel, ongeacht wat de vraag van de markt is.

De visie van Heijmans kan in de bouwwereld worden teruggevonden. Heijmans participeert in vele samenwerkingen met andere bedrijven. Een voorbeeld hiervan is de ENI (Emissieloos Netwerk Infra), een samenwerking om informatie uit te wisselen over emissieloos bouwen. Daarnaast laat Heijmans zich op sommige projecten toetsen door NL Greenlabel. (Heijmans en NL Greenlabel slaan handen ineen, z.d.)

4.5.2 De visie van aannemer BAM

Ook de aannemer BAM neemt deel aan de investering in elektrisch materieel. Sinds 2018 hebben ze de eerste elektrische 10-12 ton wals gebouwd en in gebruik (BAM Infra. (2018)). Bovendien heeft het bedrijf ook meerdere elektrische klein- en handmaterieelstukken die gebruikt worden binnen de infra. BAM maakt gebruik van elektrische trilplaten, sleuvenstampers en doorslijpers.

In een telefonisch gesprek met uitvoerder [REDACTED] van BAM is gevraagd naar de beweegredenen voor deze investering. Daarop volgden de volgende antwoorden:

- Graag koploper zijn in deze transitie
- Positief effect op de gezondheid voor de medewerkers
- Lagere kosten qua onderhoud en brandstof
- Meer aanbestedingen binnenhalen.

Opvallend is dat de visie BAM overeenkomt met die van Heijmans. Beide willen ze graag koploper zijn in deze transitie en kijken ze naar de positieve effecten van de investering. Bij de vraag of voor BAM de kosten en effecten duidelijk in kaart zijn gebracht werd als volgt gereageerd:

“We hebben de kosten en effecten niet duidelijk in kaart gebracht. De investering is gedaan met het doel om ervaring op te doen en koploper te kunnen zijn in de markt. De omliggende positieve effecten, zoals het terugdringen van de uitstoot en de lagere kosten, stimuleren deze investering. “

Geconcludeerd kan worden dat ze akkoord gaan met het mogelijk maken van verlies. De investering kan worden gezien als een pilot. Het is echter tegenstrijdend dat een bedrijf dat winst moet maken, investeert in elektrisch materieel zonder daarbij uit te zoeken wat de resultaten zijn.

Ook bij Heijmans staan de ogen gericht naar elektrisch materieel. Binnen Heijmans is echter nog geen duidelijk beeld wat een investering teweeg gaat brengen. Het lijkt binnen de grote aannemers een gewoonte om te blijven innoveren en investeren, zonder duidelijk de effecten in kaart te hebben gebracht. Een reden hiervoor kan zijn dat de projecten die beide partijen uitvoeren veelal eisen omvatten omtrent het verminderen van de uitstoot en een duurzame werkwijze. Ze hebben dus beide een reden om ervaring op te doen.

4.5.3 Visie van een kleine aannemer [REDACTED]

[REDACTED] is een middelgrootbedrijf dat zich profileert als aannemer in de infrastructuur. Doordat het bedrijf klein is qua omvang, wordt er anders gekeken naar de transitie van elektrisch materieel. In een gesprek met [REDACTED] zijn vragen gesteld over deze transitie. Hierin kwamen de volgende punten aan het licht.

- Te duur om te investeren
- Weinig voordelen als kleine aannemer

Vanuit [REDACTED] is aangegeven dat zij niet investeren in elektrisch materieel zolang de markt dat niet eist. Een investering is voor een bedrijf van deze grootte te duur en niet te permitteren. Zij zien knelpunten op het financiële vlak. Echter staan zij wel in voor de positieve effecten. Graag werken ze elektrisch als dit dezelfde kosten oplevert als elektrisch werken. De lange terugverdientijd en het grote risico om de investering winstvol te laten zijn houden dit echter tegen. Als bedrijf hebben ze meerdere kostenberekeningen uitgevoerd. Echter kwam daar geen positief financieel resultaat uit.

Vanuit de kleinere aannemer is het logisch dat zij nauwkeuriger kijken naar de investering. Geconcludeerd kan worden dat grotere aannemers gemakkelijker geld uit kunnen geven en dat het budget groter is. De kleinere aannemers beogen echter het doel om de winst te vergroten om vanuit daar het bedrijf uit te breiden.

Ook hier kan kritiek op worden geleverd. Op het moment dat het bedrijf te groot wordt kan een plotselinge snelle transitie naar elektrisch materieel niet worden uitgevoerd. Een transitie is een proces dat tijd vergt. Omdat de markt snel ontwikkeld en projecten steeds vaker duurzaam moet worden uitgevoerd, kan het gevolg zijn dat Infrascoop geen aanbestedingen meer binnen kan halen. Ze vallen dan buiten de boot ten opzichte van de aannemers die wel geïnvesteerd hebben in duurzaam materieel.

Samenvattend is het voor kleinere bedrijven niet aantrekkelijk en een te grote stap om elektrisch materieel aan te schaffen. De effecten wegen niet op tegen het financiële verlies. Ze wachten liever af en leren van de fouten en ervaringen van de grotere bedrijven die voorop willen lopen. Daarmee verminderen ze de risico's. Uiteindelijk wordt er geïnvesteerd als het financieel aantrekkelijk is. Daaronder wordt verstaan dat de investering zich in waarde terugverdiend.

4.5.4 De visie van Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat werkt samen met aannemers en transporteurs om bouwplaatsen en bouwtransport zonder uitstoot van koolstofdioxide, stikstof en fijnstof uit te voeren. (Bron: De weger, D. (z.d.). Transitiepad bouwplaats en bouwlogistiek visie en aanpak RWS. PlatformWOW.)

In een gesprek met Dick de Weger van Rijkswaterstaat is toelichting gegeven over de visie van Rijkswaterstaat en het werken met elektrisch materieel in de toekomst. Zij beogen het doel om in 2030 emissieloos projecten uit te voeren.

Als grote partij in deze transitie en door goed contact met de overige partijen in de sector, is een duidelijk beeld te schetsen welke aspecten op dit moment spelen voor aannemers. Dhr. De Weger geeft aan dat de hoge investeringskosten een drempel vormen voor de aannemers om te investeren in elektrisch materieel. Veelal is de investering financieel onaantrekkelijk. De komende jaren worden spaarpotten vanuit de overheid gebruikt om als subsidie te dienen voor bedrijven die investeren in elektrisch materieel.

Een vergelijkbare regeling die op dit moment al kan worden toegepast is de MIA/VAMIL. Regeling. Deze regelingen zorgen voor een investeringsaftrek. Bij de VAMIL-regeling kan gemiddeld 3 procent van het investeringsbedrag worden bespaard. Bij de MIA-regeling wordt een bepaald percentage (op basis van de Milieulijst) afgetrokken van de fiscale winst. Over dit bedrag dat dan in vermindering wordt gebracht hoeft geen belasting worden bepaald. (Bron: RVO. (Z.d.). Rekenvoorbeelden MIA\Vamil | RVO.nl | Rijksdienst. RVO.nl.)

Gekeken naar SDG 17 is te zien dat Rijkswaterstaat ook een aansturende rol inneemt, om een groter geheel een richting te geven. SDG 17 gaat over partnerschap.

““Een succesvolle agenda voor duurzame ontwikkeling vereist partnerschappen tussen regeringen, het bedrijfsleven en het maatschappelijk middenveld. Gezamenlijke principes en waarden, een gedeelde visie en gedeelde doelen zijn nodig op mondiaal, regionaal, nationaal en lokaal niveau.” (Bron: SDG Nederland, 2020)

Rijkswaterstaat neemt als overheidsinstantie de hoofdrol in het maken van partnerschappen tussen het bedrijfsleven en het maatschappelijk middenveld. Samen delen ze een visie om zo de gestelde doelen op nationaal niveau te behalen. Heijmans levert met de elektrificatie van het materieel, een kleine bijdrage aan het groter geheel.

Samenwerken is een belangrijke sleutel in dit proces. Echter zorgt een samenwerking ook voor het tegenwerken van de huidige marktform. Door informatie-uitwisseling wordt de concurrentie tussen bedrijven minder. Concurrentie zorgt ervoor dat bedrijven gestimuleerd worden om zo goedkoop en netjes mogelijk een project uit te voeren. Dit zorgt weer voor scherpe aanbestedingen. Door partnerschap kan een kartel ontstaan, waardoor bedrijven voordelen behalen ten opzichte van anderen.

4.5.5 Visie vanuit de omwonenden in de projectomgeving

Vanuit de omgeving rondom een projectlocatie kunnen klachten komen zoals geluidsoverlast (Bouwlawaai, z.d.), hinder door in de obstakels, last van uitstootgassen en schade aan eigendommen door bijvoorbeeld trillingen.

Elektrisch materieel kan de uitkomst bieden voor enkele klachten. Volgens de fabrikanten en eigen ervaringen gedurende het bezoek aan Heijmans Materieel Beheer, kan worden geconcludeerd dat elektrisch materieel vele malen stiller is in vergelijking met brandstofbenodigd materieel. Daarnaast stoot elektrisch materieel geen schadelijke uitstootgassen uit. Dit komt ten goede aan de

luchtkwaliteit rondom de projectomgeving. Tenslotte resulteren elektrische sleuvenstampers en elektrische zandtrilplaten in minder trillingen. Hierdoor kan de kans op schade aan eigendommen worden verkleind. (Neuson, z.d.)

Omwonenden zijn over het algemeen wel begripvol als het project een verbetering is van hun welzijn. Ze begrijpen dat ze daarvoor tijdelijk wat moeten opgeven. Echter is het voorkomen van klachten ook goed voor de reputatie van het bedrijf. Opdrachtgevers stellen vaak veel eisen aan de uitvoering om de overlast te beperken. Door als aannemer te laten zien dat er daadwerkelijk maatregelen getroffen worden voor de omgeving, kunnen opdrachtgevers een positieve ervaring ontwikkelen bij een bedrijf.

Geconcludeerd kan worden dat vanuit de omgeving wordt positief gekeken naar de transitie van elektrisch materieel.

4.5.6 Bouwend Nederland

“Koninklijke Bouwend Nederland, de vereniging van bouw- en infrabedrijven, is met ongeveer 4300 aangesloten bouwbedrijven de grootste ondernemersorganisatie in de bouw. Bouwend Nederland verenigt, verbindt en ondersteunt bouw- en infrabedrijven. We werken aan een vitale bouwsector die bouwt aan een duurzame vernieuwing van de leefomgeving. Dit doen we aan de hand van drie kerntaken: belangenbehartiging, brancheontwikkeling en ledenservice.” (Bouwend Nederland. (2012)).

Bouwend Nederland probeert net als Rijkswaterstaat sturing te geven op het gebied van elektrificeren in de bouw. De organisatie weet dat het nog lastig is voor veel aannemers om de stap te zetten naar elektrisch materieel. De organisatie geeft echter aan dat het van belang is voor de toekomst om als bedrijf in Nederland te verduurzamen.

Geconcludeerd kan worden dat Bouwend Nederland als organisatie geen profijt ondervindt van de transitie. Echter zullen de bedrijven die aangesloten zijn bij Bouwend Nederland, en waar Bouwend Nederland dus voor staat, wel profijt ondervinden bij deze transitie. Bouwend Nederland heeft een neutrale visie met een stimulerende kijk.

4.5.7 Analyse visie

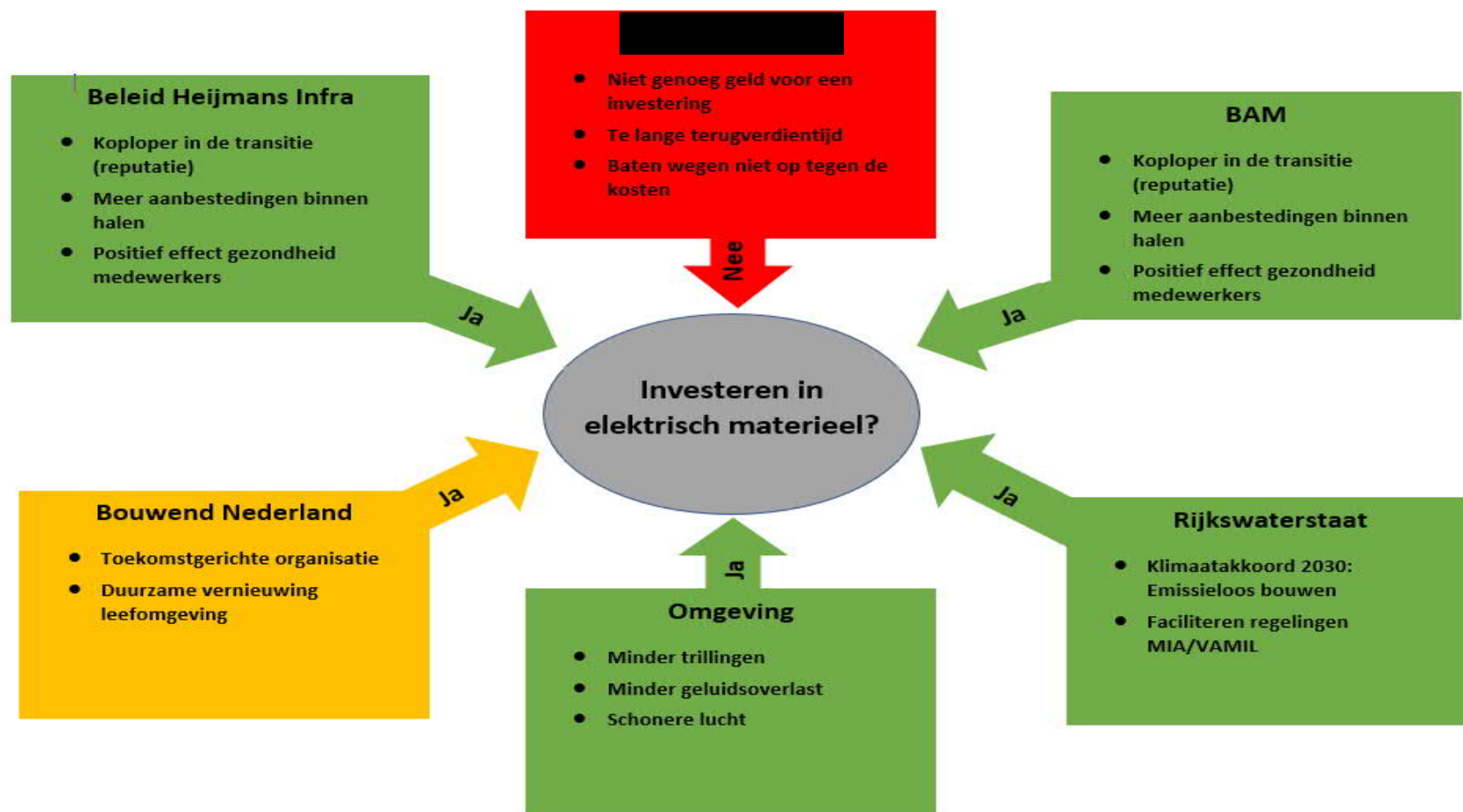
Geconcludeerd kan worden dat de bouwwereld in zijn geheel over het algemeen een positieve kijk heeft op het elektrificeren van materieel. Het is bekend dat een investering in het elektrische materieel veel geld kost. Echter wegen de effecten volgens de meeste bedrijven op tegen de kosten.

De kleinere en middelgrote aannemers willen zich graag inzetten voor een duurzamere bouwwereld, maar kunnen en durven het niet vanwege de financiële capaciteit.

Heijmans kan gezien de visie van de bouwwereld gestimuleerd worden om te investeren. Dit komt omdat het een grote aannemer betreft en de visie van het bedrijf erop gericht is om te investeren. Ook zijn organisaties en overheden enthousiast over het elektrificeren en biedt een investering daarom weinig weerstand. Gezien het doel van Heijmans om koploper te zijn in deze transitie is het van belang vroegtijdig in te stappen in de transitie. Daar staat tegenover dat Heijmans kritisch moet blijven kijken naar de effecten voor het bedrijf.

Door als Heijmans te investeren in elektrisch materieel, kan het bedrijf als voorbeeld dienen voor kleinere aannemers en bedrijven. Zij kunnen gestimuleerd worden door de ervaringen van Heijmans. De investering heeft een impact op de rest van de bouwsector. De toekomst leert of deze impact als stimulerend of als weerhoudend kan worden opgevat. Een spreekwoord dat hierbij past is: “Als een schaap over de dam is volgen er meer”.

In figuur 4 is te zien welke visie ieder bedrijf of organisatie inneemt ten opzichte van het investeren in elektrisch materieel. In het **groen** staan de visies die de transitie steunen. In het **oranje** staan de visies die neutraal in de transitie staan. In het **rood** staan de visie die elektrificatie van het materieel afwijzen.



Figuur 4 Mindmap visie omtrent elektrificeren in de bouwsector

4.5.8 Bereidheid en verwachtingen werknemers Heijmans

Op diverse afdelingen binnen Heijmans is onderzoek uitgevoerd naar de bereidheid onder werknemers om over te stappen op duurzaam materieel. Het doel van dit onderzoek was om Heijmans inzicht te geven over de denkwijze van het personeel. In deze paragraaf wordt gekeken naar de verwachtingen van het personeel van Heijmans gekeken naar de elektrificatie in de bouw. Door vooraf te vragen wat de verwachtingen zijn, kunnen eventuele knelpunten aan het licht komen. Voor de directie van Heijmans geeft dit inzicht, de mogelijkheid om vroegtijdig op deze knelpunten in te spelen.

4.5.8.1 Werkvoorbereidingsfase

Onder een rondvraag op de afdeling werkvoorbereiding worden enkele veranderingen verwacht. Uit een gesprek met een werkvoorbereider/calculator kwam naar voren dat verwacht wordt, dat de werkdruk toeneemt. De prijzen die de calculators hanteren veranderen waardoor de standaard kostenramingen meer tijd vergen. Ook de werkmethodes in de uitvoering zorgen voor veranderingen in de werkvoorbereiding. Deze verandering van informatie vergt aanpassing en extra tijd. Deze verwachting correspondeert met de verwachtingen van ELaadNL. Zij verwachten een gelijke verandering zo blijkt uit onderzoek.

“Tevens wordt in de voorbereidingsfase van een project gevraagd naar een complexere planning. Accuduur en oplaadtijden bepalen grotendeels het verloop van werkzaamheden. Werkvoorbereiders moeten daarom vooraf het gehele bouwproces doorlopen”. (Bron: ELaadNL. (Z.d.). ELaadNL Outlook bouwmaterieel. ELaadNL Outlook.)

Het is een logische verklaring dat de werkvoorbereiding extra werk verwacht. Door als directie van Heijmans de werkdruk te monitoren kan worden ingegrepen als de situatie uit de hand loopt. De werkvoorbereiding zegt klaar te zijn voor de transitie en positief aan te kijken tegen de effecten van het elektrificeren. Zij zien vele kansen om als koploper aan de slag te gaan in deze transitie.

4.5.8.2 Uitvoeringsfase

Om een indruk te krijgen van de visie van de uitvoeringsfase zijn uitvoerders en vakmannen gesproken. Bij de uitvoerders werd er kritisch gekeken naar mogelijke knelpunten. In een gesprek met Wouter van Leeuwen zijn de volgende knelpunten aangekaart: stroomvoorziening, verandering werkmethodes en huurtarieven. Deze knelpunten zijn verder onderzocht.

Stroomvoorziening

Een van de grootste aspecten die veranderen en daarmee een belangrijk knelpunt kunnen spelen in de transitie naar elektrisch materieel, is de stroomvoorziening. Door een toenemende vraag naar stroom is de capaciteit van het elektriciteitsnet te klein. Dit blijkt tevens ook uit onderzoek door onderzoekers van ELaadNL. (Bron: ELaadNL. (Z.d.). ELaadNL Outlook bouwmaterieel.)

Ook in een artikel van de NOS wordt gewaarschuwd voor niet toekomstbestendig elektriciteitsnetwerk. De vraag naar elektriciteit neemt namelijk in hoog tempo toe door de verduurzaming van de samenleving. Uit het artikel blijkt zelfs dat in sommige provincies de reserve stroomcapaciteit, bedoeld voor onderhoud of storingen, wordt gebruikt. Later in het artikel wordt door Daan Schut van Liander, een bedrijf werkzaam als energieleverancier, zelfs geconcludeerd dat de infrastructuur van het elektriciteitsnetwerk twee tot vijf keer zo zwaar moet worden. (Bron: NOS, 2019)

Op grote termijn kan de elektrificatie van materieelstukken een te grote vraag naar elektriciteit opleveren. Heijmans moet rekening houden met de stroomvoorzieningen op de bouwplaats.

Noodzakelijk is namelijk dat een bepaalde voorziening van stroom voorhanden is om de werkzaamheden te kunnen uitvoeren.

Gekeken naar alleen het klein- en handmaterieel, bestaat het uit lichte accupakketten die weinig stroom vragen. Uit literatuuronderzoek blijkt dat al enkele (gedeeltelijke) oplossingen worden geboden voor dit probleem. Zo biedt Bredenoord grote accu's aan met meerdere oplaadpunten. 's Nachts kan de accu worden opgeladen, de landelijke vraag naar stroom is dan lager waardoor opladen geen problemen oplevert. Overdag kunnen de accu's van het materieel worden opgeladen door de opgeslagen energie van de grotere accu. Deze uitvinding staat bekend als zogenoemde Battery Box. Dit concept kan worden toegepast op de bouwplaatsen van Heijmans ten behoeve van een stabiele stroomvoorziening. (Bron: Bredenoord BV, 2021)

Om de elektrificatie in de toekomst mogelijk te laten zijn moet het huidige elektriciteitsnetwerk worden opgewaardeerd. Dit zorgt voor een zekerheid op het gebied van stroomleverantie. SDG 7 beschrijft dat de toegang tot elektriciteit geen probleem moet zijn voor iedere persoon in de wereld. Vertaalt naar het onderzoek houdt dit in dat Heijmans toegang moet kunnen krijgen tot voldoende stroomcapaciteit om de bouwplaats draaiende te houden. Een uitbreiding van het elektriciteitsnet zorgt uiteindelijk voor betere toegang tot stroom. Door de transitie die in de toekomst verwacht wordt, wordt uiteindelijk ook resultaat behaald met het oog op SDG 7.

Echter is de oplossing zoals de Battery Box van Bredenoord een goed voorbeeld van een innovatieve oplossing voor de problemen omtrent stroomvoorziening. Bredenoord geeft daardoor een resultaat dat bijdraagt aan SDG 9. Deze SDG gaat over het opbouwen van een veerkrachtige samenleving en infrastructuur. Door aannemers niet afhankelijk te laten zijn van het elektriciteitsnet, zijn zij flexibeler/veerkrachtiger in het uitvoeren van de werkzaamheden.

Omdat er nog veel verbeteringen moeten worden getroffen om de doelen in 2030 te kunnen halen, betekent dit ook dat de vraag naar werknemers groter wordt. Hierdoor neemt de werkloosheid af. Bedrijven gaan vragen naar personeel om alle werkzaamheden te kunnen uitvoeren. Door de vele werkzaamheden stijgt ook de economische groei. De afname van de werkloosheid en de toename van de economische groei hebben betrekking op SDG 8. Bij SDG 8 staat het resultaat een vermindering van de werkloosheid en een toename van de economische groei centraal.

Verandering in werkmethodes

Door de beperkte accuduur en de oplaadtijden van de accu's kan het zo zijn dat een materieelstuk niet de gehele dag beschikbaar is. In de uitvoering moet daarom gekeken worden naar oplossingen voor dit probleem. Door genoeg opladers beschikbaar te hebben op de bouwplaats kan een groot gedeelte van de accu's worden bijgeladen tijdens de pauzes. Ook kan er gewerkt worden met extra accu's en snelladers. Uiteindelijk moet door ervaring een werkmethode worden gevonden waarbij de werkzaamheden op een normale manier kunnen worden uitgevoerd.

Huurtarieven

In het gesprek met Wouter van Leeuwen werd aangekaart dat de huurprijzen van elektrisch materieel hoger liggen dan de huurtarieven van brandstofbenodigd materieel. Hij gaf aan dat het niet logisch was omdat van hem gevraagd wordt om zowel goedkoop als elektrisch te werken.

Om dit knelpunt te bevestigen is contact opgenomen met Heijmans Materieel Beheer. Zij gaven bevestigden dat het huurtarief hoger ligt bij de elektrische varianten. Op internet wordt echter vermeld dat de huurtarieven van elektrisch materieel lager ligt, door de verminderde onderhoudskosten.

Uiteindelijk is na onderzoek gebleken dat Heijmans Materieel Beheer de afschrijving van het materieelstuk over een levensduur van drie jaar berekend. Omdat de ervaring ontbreekt over de levensduur van een elektrisch materieelstuk, wordt het materieelstuk versneld afgeschreven. Hierdoor kan het risico op faalkosten worden verminderd. Dit heeft een hogere huurprijs als gevolg.

Vanuit de directie en Heijmans Materieel Beheer moet worden nagedacht over de huurtarieven. Door te hoge huurtarieven te hanteren, kunnen uitvoerders de stap zetten om materieel ergens anders in te huren. Volgens Wouter van Leeuwen komt het regelmatig voor dat materieelstukken gehuurd worden bij een ander verhuurbedrijf. Dit heeft als gevolg dat Heijmans Materieel Beheer niet te verwachte bezettingsgraad behaald van het materieel. Dit resulteert in een langere afschrijvingsperiode.

4.5.8.3 Vakmannen Heijmans

Bij afname van de enquêtes bij de vakmannen is duidelijk geworden wat zij vinden van de transitie naar elektrisch materieel. De enquêtes zijn de vinden in [Bijlage 9](#).

Het belangrijkste aan het materieel is volgens de vakmannen dat de technische haalbaarheid voldoet aan de specificaties van het huidige brandstofmaterieel. Op basis van de huidige werkervaring met elektrisch materieel zijn ze er tevreden over.

Ook is het een voordeel dat ze in een schonere omgeving kunnen werken. Bij elektrisch materieel komt geen CO₂-uitstoot vrij en daarom zijn ze tevreden om met dit materieel te mogen werken. Opvallend is dat de ze de CO₂-uitstoot van een machine niet belangrijker vinden dan de overige technische specificaties. Op het moment dat naar de visie wordt gevraagd omtrent de transitie wordt pas iets gezegd over de gezondheidsvoordelen.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat ze veel waarde hechten aan een elektrisch materieelstuk dat qua kwaliteit overeenkomt met de huidige brandstofbenodigde varianten. Over het algemeen steunen ze de transitie. De vakmannen begrijpen dat duurzaam bouwen de toekomst is.

4.5.8.4 Heijmans Materieel Beheer

Ook bij Heijmans Materieel Beheer is een gesprek gevoerd over de transitie. Verder is met literatuuronderzoek gekeken naar eventuele belangrijke veranderingen omtrent de elektrificatie van het materieel.

Opslag

De elektrische materieelstukken hebben allemaal een accu en een oplader. Echter zijn vele risico's verbonden aan de opslag van accu's. Door fabricagefouten, kortsluiting, opwarming of vallen, kan een accu in brand vliegen. Doordat de cellen in een accu gemakkelijk ontsteken breidt de brand zich snel uit. Bij een opslag dat volstaat met accu's ontstaat dan al snel een onbeheersbare brand. (Bron: Veiligheidsregio Rotterdam Rijnmond, 2019)

Bij de opslag is het dus belangrijk om aan de veiligheidseisen te voldoen die gelden voor de opslag van accu's. In Bijlage 13 staan de bouwkundige voorzieningen en eisen beschreven voor de opslag van accu's.

Keuringen en onderhoud

Het materieel moet jaarlijks gekeurd worden. Om een keuring juist uit te voeren worden monteurs opgeleid volgens bepaalde NEN-normen. In een conversatie via de mail met secretaris NEC 623, medewerker van het NEN-trainingscentrum, blijkt dat monteurs opgeleid moeten worden volgens NEN3140. De NEN3140 draait om het veilig werken met elektrische gereedschappen. Om veilig te kunnen werken moeten vakmannen en onderhoudsmonteurs de NEN3140 kunnen beoefenen. Het is daarom van belang dat Heijmans het personeel opleidt tot deze NEN-norm. Dit kan betekenen dat Heijmans budget moet vrijmaken om personeel op cursus te sturen.

Heijmans Materieel Beheer zegt klaar te zijn voor een eventuele transitie. Echter zien ze knelpunten op het gebied van pas aangekochte materieelstukken. Deze moeten nog worden afbetaald. De vraag is wanneer de transitie in gang wordt gezet en wie opdraait voor de nog niet afbetaalde materieelstukken. Dit is een aandachtspunt dat moet worden meegenomen door de directie van Heijmans.

4.5.9 Analyse verwachtingen Heijmans

Het personeel van Heijmans is over het algemeen bereid om zich in te zetten voor een duurzamere toekomst. Het personeel voorziet op basis van de huidige ervaring echter op verschillende vlakken knelpunten. Deze knelpunten dienen onderzocht te worden voorafgaand aan de transitie. Dit kan eventueel als vervolgonderzoek dienen. Door deze knelpunten op te lossen kan een investering beter worden geïmplementeerd in het bedrijf. Ook voorkom je hiermee klachten en tegenwerking vanuit het personeel.

5. Conclusie

In het onderzoek staat de volgende hoofdvraag centraal:

“Hoe kan Heijmans Regio Zuid Infra het beste investeren in elektrisch klein- en handmaterieel, zodat ze in 2026 alle klein- en handmaterieelstukken vervangen hebben voor een elektrische variant?”

Uit de resultaten van het onderzoek is gebleken dat Heijmans Regio Zuid Infra het beste kan investeren in de elektrische zandtrilplaten Wacker AP1850e en Wacker AP2560e. Heijmans kan beter niet investeren in de elektrische doorslijper Milwaukee MXF-COS350 en de elektrische sleuvenstamper Wacker AS50e. Dit komt door de lange terugverdientijd en het daaraan verbonden financiële risico.

Door het gehele klein- en handmaterieel te elektrificeren kunnen ze echter de totale uitstoot van het bedrijf verminderen met 0,5 procent. Dit draagt bij aan het doel om emissieloos te bouwen in 2026. Heijmans beoogt daarnaast het doel om koploper te zijn in deze transitie. Daarmee proberen ze meer aanbestedingen binnen te halen en ervaring op te doen voor toekomstige investeringen in duurzaam materieel. Om deze redenen kan het toch aantrekkelijk zijn om te investeren in alle materieelgroepen.

Een extra stimulans is de visie van de bouwsector, dat de ogen heeft gericht op het verduurzamen van het materieel. De grote aannemers, opdrachtgevers en organisaties zien positieve effecten bij een investering in elektrisch materieel. Met het doel koploper te zijn in de transitie is het voor Heijmans verstandig om snel te investeren in zoveel mogelijk elektrisch materieel. Heijmans moet daarentegen wel rekeningen houden met de negatieve effecten.

Het personeel van Heijmans ziet daarnaast ook kansen in een duurzamer materieelpark. Echter verwachten zij ook knelpunten bij het overstappen naar elektrisch materieel.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de investeringen in vergelijkbare elektrische varianten niet altijd winstgevend zijn op financieel gebied. Daar staat tegenover dat er vele positieve effecten aan deze investering vastzitten. Heijmans moet daarin zelf de afweging maken of deze positieve effecten opwegen tegen de eventuele kosten. Om de doelen te behalen omtrent emissieloos bouwen in 2026 en koploper zijn in de transitie, is het investeren in een geheel elektrische vloot aantrekkelijk. Echter staat het haaks op het doel om als aannemer winst te maken. Daarom voldoet alleen een investering in de elektrische zandtrilplaten aan de doelstellingen van Heijmans.

6. Discussie

In dit hoofdstuk worden de resultaten geïnterpreteerd. De resultaten van het onderzoek zijn besproken in hoofdstuk 4.

Uit het onderzoek zijn diverse resultaten verzameld. Uit het onderzoek is gebleken dat een investering in elektrisch materieel financieel niet altijd aantrekkelijk is voor een aannemer. Deze bevinding is in strijd met de beweringen van diverse fabrikanten. Zij beweren echter dat elektrisch materieel goedkoper is.

Een mogelijke verklaring voor dit resultaat biedt het telefonisch gesprek met de fabrikanten. Zij hebben aannames gemaakt van de levensduur. Deze levensduur is echter nog niet bereikt en dus niet te controleren. In de kostenanalyse is daarom gebruik gemaakt van een kortere verwachte levensduur. Dit heeft invloed op de terugverdientijd. Bovendien is de langere terugverdientijd te wijten aan de hogere aanschafkosten. Deze hogere aanschafkosten komen overeen met de bewering van Edwin Lokkerbol van de stichting ENI. Hij geeft aan dat het elektrisch materieel op de markt 30 tot 70 procent duurder is ten opzichte van de brandstofvariant (ELaadNL, z.d.)

Het investeren in elektrisch materieel wordt echter wel gestimuleerd door de bouwsector. Ook vanuit de overheid worden diverse regelingen aangetroffen, om investering mogelijk te maken voor de aannemer. Kleine aannemers tonen echter nog weinig interesse. Grote aannemer kunnen echter budget vrijmaken om de investering uit te voeren. Zij kunnen dan profiteren van de positieve effecten van de investering. Het eventuele financiële verlies wordt dan gezien als investering in ervaring.

Het huidige onderzoek heeft inzicht gebracht aan Heijmans omtrent de eventuele investering in elektrisch klein- en handmaterieel. Dit inzicht kan waardevol zijn om op korte termijn een investering te doen in elektrisch klein- en handmaterieel. Ook geeft het inzicht in een mogelijke onderzoekstrategie voor andere materieelgroepen. Hierbij moet wel rekening gehouden worden dat dit onderzoek zich uitsluitend heeft gefocust op de brandstofvarianten die vallen in de categorie klein- en handmaterieel. Om deze reden kan geen algemene uitspraak worden gedaan of het wel of niet investeren in ander elektrisch materieel een positief effect heeft voor Heijmans.

Het advies voor vervolgonderzoek is dan ook om onderzoek te doen dat ingaat op bijvoorbeeld:

- Mogelijke nieuwe elektrische varianten in de toekomst
- Oplossingen voor de knelpunten in het werkveld
- Het elektrificeren van de vuilwaterpompen
- Andere materieelgroepen elektrificeren.

Door deze vervolgonderzoek kan Heijmans een breder inzicht krijgen in de gehele transitie naar elektrisch materieel.

7. Aanbevelingen

Het doel van dit onderzoek is om Heijmans inzicht te geven over een investering in elektrische klein- en handmaterieelstukken. Uiteindelijk is op basis van de resultaten een aanbeveling/advies voor Heijmans geschreven. Deze aanbevelingen worden besproken in dit hoofdstuk.

Heijmans heeft als doel om in 2026 emissieloos te bouwen. Dit doel is erg actueel en draagt bij aan de klimaatdoelen besproken in het Klimaatakkoord. Op basis van de onderzoeksresultaten steunen wij Heijmans bij dit doel.

We bevelen Heijmans aan om te investeren in elektrisch klein- en handmaterieel. Uit het onderzoek is gebleken dat deze groep verantwoordelijk is voor ongeveer 0,5 procent van de totale CO₂-uitstoot van het bedrijf. Echter is de uitstoot sneller terug te dringen bij elektrificatie van andere materieelstukken. Omdat Heijmans zich inzet voor het terugdringen van de uitstoot is het een kleine stap op weg naar een groter doel. Het heeft daarbij een positieve bijdrage voor de CO₂-prestatieladder. Daarnaast heeft een elektrificatie van het klein- en handmaterieel bijvoorbeeld positieve effecten voor de gezondheid van de medewerkers, geeft het Heijmans voordelen bij gunningen, wordt de overlast minder voor omwonenden, en bespaart het kosten als het gaat om onderhoud en brandstof.

Vanuit de variantenstudie is gebleken dat voor acht van de negen materieelstukken een vervangende elektrische variant is te vinden die voldoet aan de gestelde selectiecriteria. Belangrijk om daarin mee te nemen is dat de vuilwaterpomp niet is meegenomen in de variantenstudie. Daarvoor is een breder onderzoek aanbevolen, dat concreet gaat over het elektrificeren van de vuilwaterpomp.

De bouwwereld vraagt om een transitie naar duurzamere werkmethodes. Rijkswaterstaat en andere organisaties en aannemers stimuleren de investering in elektrisch materieel. Het zijn de kleine aannemers die de investering afwachten. Om als Heijmans zijnde koploper te zijn in deze transitie, is de elektrificatie van de 4 groepen materieelstukken aan te bevelen. Verwacht wordt namelijk dat op basis van de visies in de bouwsector, de rest van de bouwwereld snel meedoet aan deze transitie. Echter is het van belang dat er nauwkeurig wordt gekeken naar de gevolgen van de investering.

Aanbevolen wordt om als directie van Heijmans samen met Heijmans Materieel Beheer als eerste de stap te zetten naar de elektrificatie van de zandtrilplaten (groep 1 en groep 2). Beide elektrische varianten leveren (zie hoofdstuk kostenanalyse) een financieel voordeel op en zorgen daarnaast voor diverse positieve effecten. De bedrijfsvoering van Heijmans beoogt het doel om winst te maken. Door deze investering wordt geld bespaard dat ten goede komt aan de financiële gezondheid van het bedrijf.

Een latere investering in de overige groepen 3 en 4, bestaande uit respectievelijk de doorslijpers en de sleuvenstampers, is daarnaast aanbevolen. Het is hierbij belangrijk voor de directie om de lange terugverdientijd mee te nemen. Het risico is zeer groot dat de investering zich niet terugverdiend in geld. Het bewijs ontbreekt namelijk dat de levensduur van de elektrische varianten minimaal zo lang is als de terugverdientijd. Hiermee wordt het algemene doel van Heijmans om winst te maken niet nagestreefd. Echter draagt de investering in groep 3 en groep 4 wel bij aan de doelen omtrent het emissieloos bouwen in 2026.

Omdat 2026 nog enkele jaren duurt, en de technologische ontwikkelingen omtrent elektrificatie zich in rap tempo opvolgen, bevelen wij Heijmans aan goed na te denken om op een later moment in te stappen in de elektrificatie van de laatste twee groepen. Dit heeft tevens onze voorkeur.

Een vergelijkbaar onderzoek kan in de toekomst worden uitgevoerd om eventuele nieuwe kansen inzichtelijk te maken.

Door later in te stappen is het risico op een te korte levensduur van het elektrische materieel kleiner. Er is tenslotte meer ervaring omtrent de levensduur. Bovendien kan de markt zich zo ontwikkelen dat goedkopere alternatieven de voorkeur krijgen.

Naast de aanbevelingen omtrent het investeren in de materieelstukken, wordt ook aanbevolen om als Heijmans zijnde gesprekken te voeren met het personeel. Veelal komen knelpunten vooraf aan het ligt. Deze knelpunten kunnen direct opgelost worden. Dit voorkomt eventuele hinder en ongemakken tijdens het werken.

Samenvattend is het om daadwerkelijk koploper in deze transitie te zijn, aanbevolen om zo snel mogelijk te investeren in het materieel waarvan de risico's het kleinst zijn. Eventueel extra investeren in de overige groepen 3 en 4 kan. Daarbij wordt aanbevolen om kritisch te kijken naar de effecten.

Nawoord

Afgelopen periode hebben we een afstudeerstage gelopen bij Heijmans Infra Regio Zuid. Het onderzoek is volgens planning verlopen.

Een groot leerpunt in het begin van het onderzoek was het kritisch bekijken van de informatie. Na een gesprek met de docenten hebben we ons hierin goed opgepakt. De feedback ontvangen bij de tussenpeiling en de groen-roodpeiling zijn tevens door ons goed ontvangen. Het was zeer nuttig.

De samenwerking tussen ons is prima verlopen. We kennen elkaar al wat langer vanuit de studie en wisten daardoor goed onze kwaliteiten te combineren. Ook konden we elkaar goed ondersteunen als dit nodig was. Ook de samenwerking met Heijmans en Avans Hogeschool verliep goed. De wekelijkse vergaderingen met Heijmans en de afstudeerateliërs van Avans Hogeschool, hielpen bij de stappen in het onderzoek.

Achteraf kijken we terug op een zeer leerzame maar ook leuke periode waarin wij onze kennis van het HBO hebben laten blijken.

Literatuurlijst

- (2020, 6 februari). Stage V-normen voor het milieu. Grond, weg en waterbouw. <https://www.gww-bouw.nl/artikel/stage-v-normen-voor-het-milieu/>
- AD.nl. (z.d.). Waarom de benzineprijzen blijven stijgen. AD. Geraadpleegd op 27 mei 2021, van <https://www.ad.nl/auto/waarom-de-benzineprijs-blijft-stijgen-het-wordt-nog-erger~ae2435c1/>
- Alles over uitstoot - ANWB. (2020, 17 maart). ANWB.nl. <https://www.anwb.nl/auto/nieuws-en-tips/alles-over-uitstoot>
- Aspen Benelux bv. (z.d.). Ons milieu blijft schoner met Aspen alkylaatbenzine - Aspen Benelux. Aspen Benelux. Geraadpleegd op 25 mei 2021, van <https://www.aspen-benelux.nl/nl-nl/voordelen/ons-milieu#:~:text=In%20gewone%20benzine%20zitten%20schadelijke,99%25%20schoner%20dan%20gewone%20benzine.>
- Bensure BV. (2020, 7 januari). De grootste voordelen en nadelen van de elektrische auto. Polswijzer.nl. <https://www.polswijzer.nl/blog/de-grootste-voordelen-en-nadelen-van-de-elektrische-auto/1462/>
- Bouwlawaai. (z.d.). Kenniscentrum InfoMil. Geraadpleegd op 10 juni 2021, van <https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/functies/bouwlawaai-0/>
- Bredenoord BV. (2021, 12 april). Met de Big Battery Box is grootschalige energieopslag nu ook mobiel beschikbaar. Bredenoord. <https://www.bredenoord.com/nl/nieuws/met-de-big-battery-box-is-grootschalige-energieopslag-nu-ook-mobiel-beschikbaar/>
- Brinck, T. T. (z.d.). Bouwbedrijf Van Gelder koopt 2 graafmachines op waterstof | Duurzaam energienieuws, WattisDuurzaam.nl. Nieuws, informatie en opinie over innovatie, duurzaam ondernemen en hernieuwbare energie. Geraadpleegd op 9 juni 2021, van <https://www.wattisduurzaam.nl/25911/energie-besparen/transport/bouwbedrijf-van-gelder-koopt-2-graafmachines-op-waterstof/>
- CO2-uitstoot in 2020 gedaald. (2020). Heijmans. <https://www.heijmans.nl/nl/nieuws/co2-uitstoot-in-2020-gedaald/>
- De Kort BV. (z.d.). Limach de eerste volledig elektrische minigraver. De Kort. Geraadpleegd op 27 mei 2021, van <https://www.kort.nl/limach-de-eerste-volledig-elektrische-minigraver>
- De weger, D. (z.d.). Transitiepad bouwplaats en bouwlogistiek visie en aanpak RWS. PlatformWOW. Geraadpleegd op 26 mei 2021, van <https://platformwow.nl/media/03zhi1hb/transitiepad-bouwplaats-en-bouwlogistiek-visie-en-aanpak-rws-november-2020.pdf>
- ELaadNL. (z.d.). ELaadNL Outlook bouwmaterieel. ELaadNL Outlook. Geraadpleegd op 26 mei 2021, van https://www.elaad.nl/uploads/files/21Q1_Elaad_Outlook_Bouwmaterieel_def.pdf

Emissieloos bouwen is kwestie van lange adem. (z.d.). Bouwend Nederland. Geraadpleegd op 10 juni 2021, van <https://www.bouwendnederland.nl/actueel/nieuws/12273/emissieloos-bouwen-is-kwestie-van-lange-adem>

- Goos Online B.V. (z.d.). Tillen en dragen | Arbocatalogus Technische Groothandel. Arbocatalogus-tg.nl. Geraadpleegd op 9 juni 2021, van <https://www.arbocatalogus-tg.nl/brancheafspraken/fysieke-belasting/tillen-en-dragen/>
- Heijmans GO. (2018). VeiligWerk BV. <https://www.geenongevallen.nl/information>
- Heijmans NV. (z.d.-a). Heijmans Materieel Beheer te Rosmalen [Foto]. Webmaterieel.nl. <https://webmaterieel.nl/nieuws/24-vakantieperiode-hmb>
- Heijmans NV. (z.d.-b). Webmaterieel. Heijmans Webmaterieel. Geraadpleegd op 27 mei 2021, van <https://webmaterieel.nl/>
- Husqvarna. (z.d.). Husqvarna. Geraadpleegd op 27 mei 2021, van <https://www.husqvarna.com/nl/>
- KNMI - Hoe warmen broeikasgassen de aarde op? (2010, december). KNMI. <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/hoe-warmen-broeikasgassen-de-aarde-op>
- KWS. (z.d.). KWS komt met 's werelds eerste elektrische asfaltspreidmachine - KWS. Copyright © 2021. Geraadpleegd op 10 juni 2021, van <https://www.kws.nl/nl/nieuws/detail/elektrische-asfaltspreidmachine-kws>
- Leeuw, M. (2019, 1 november). Project stikstofvrij maken? 'Niet zo duur en ingewikkeld als het lijkt'. Cobouw.nl. <https://www.cobouw.nl/duurzaamheid/nieuws/2019/10/project-stikstofvrij-maken-niet-zo-duur-en-ingewikkeld-als-het-lijkt-101278311>
- Lijst emissiefactoren. (2021, 22 februari). CO2 emissiefactoren. <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijs-emissiefactoren/>
- Luchtkwaliteit - fijn stof. (2018). RIVM. [https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/gezondheidseffecten-luchtverontreiniging/luchtkwaliteit-fijn-stof#:~:text=\(IARC%202016\).-,Hart%2D%20en%20vaatziekten,aan%20PM2%2C5%20en%20PM10.](https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/gezondheidseffecten-luchtverontreiniging/luchtkwaliteit-fijn-stof#:~:text=(IARC%202016).-,Hart%2D%20en%20vaatziekten,aan%20PM2%2C5%20en%20PM10.)
- Milieu Centraal. (z.d.). Wat is klimaatverandering. Geraadpleegd op 26 mei 2021, van <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/klimaatverandering/wat-is-klimaatverandering/>
- Milwaukee Tools Europe. (z.d.). Milwaukee Tools. Geraadpleegd op 27 mei 2021, van <https://www.milwaukeetool.eu/support/error/?aspxerrorpath=/CMSPages/PortalTemplate.aspx>
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2020, 16 september). Klimaatbeleid. Klimaatverandering | Rijksoverheid.nl. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>

- Neuson, W. (z.d.). Home. Wacker Neuson. <https://www.wackerneuson.nl/nl/home/>
- NOS. (2019, 18 augustus). We willen allemaal stroom, maar kan het netwerk dit nog wel aan? <https://nos.nl/artikel/2298022-we-willen-allemaal-stroom-maar-kan-het-netwerk-dit-nog-wel-aan>
- NOS. (2020, 3 september). EU hoopt dreigend grondstoffentekort voor energietransitie af te wenden. <https://nos.nl/artikel/2346617-eu-hoopt-dreigend-grondstoffentekort-voor-energietransitie-af-te-wenden>
- NU.nl. (2018, 8 februari). “Uitlaatgassen zorgen op korte termijn al voor gezondheidsrisico’s”. NU - Het laatste nieuws het eerst op NU.nl. <https://www.nu.nl/gezondheid/5124290/uitlaatgassen-zorgen-korte-termijn-al-gezondheidsrisicos.html>
- N.V., H. (2020, 29 januari). Bouwen zonder uitstoot. Heijmans N.V. <https://www.heijmans.nl/nl/nieuws/bouwen-zonder-uitstoot/>
- Power Solutions. (2021, 29 maart). Emissievrije bouwplaatsen. Greener. <https://www.greener.nl/nl/onze-services/emissievrije-bouwplaatsen/>
- RTL Nieuws. (2021, 20 april). Vliegtuig op elektriciteit de toekomst? “Kan nu nog maar een uurtje vliegen”. <https://www.rtlnieuws.nl/editienl/artikel/5226479/elektrisch-vliegen-toekomst-van-lijnvluchten-eerste-vlucht-nederland>
- RVO. (z.d.). Rekenvoorbeelden MIA\Vamil | RVO.nl | Rijksdienst. RVO.nl. Geraadpleegd op 27 mei 2021, van <https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/miavamil/ondernemers/voorwaarden-miavamil/rekenvoorbeelden>
- SDG Nederland. (2020, 28 juli). Doel 17. Partnerschap om de doelen te bereiken. <https://www.sdgnerland.nl/sdgs-2/doel-17-partnerschappen-voor-de-doelen/>
- SDG Nederland, Pellegrom, S., & SDG Nederland. (2021, 19 mei). SDG Nederland | Alles over de Duurzame Ontwikkelingsdoelen. SDG Nederland. <https://www.sdgnerland.nl/>
- SKAO. (z.d.). wat-is-de-ladder. SKAO.NL. Geraadpleegd op 27 mei 2021, van <https://www.skao.nl/nl/wat-is-de-ladder>
- Stihl Bv. (2018, 8 juni). TS 410 - Moderne, lichte 3,2kW doorslijper (300mm-doorslijpschijf). Stihl.nl. <https://www.stihl.nl/STIHL-Producten/Doorslijpers-en-betonzagen/Doorslijpers/21303-510/TS-410.aspx>
- STIHL: Tuinmachines & tuingereedschap van topkwaliteit. (z.d.). Stihl. Geraadpleegd op 27 mei 2021, van <https://www.stihl.nl/>
- Ten Teije, S. (2019, 20 september). De Nederlandse Bouw lijdt onder het stikstofprobleem. AD.nl. <https://www.ad.nl/wonen/de-nederlandse-bouw-lijdt-onder-het-stikstofprobleem-kiezen-voor-natuur-of->

Bijlagen

Bijlage 1 – Sustainable Development Goals

Bijlage 2 – Methodologie

Bijlage 3 - Verdeling materieelstukken per categorie

Bijlage 4 - Foto's materieelstukken Heijmans Infra Regio Zuid B.V.

Bijlage 5 – Technische specificaties klein- en handmaterieel

Bijlage 6 - Uitstootberekeningen

Bijlage 7 – Emissiefactoren

Bijlage 8 – Interviews vakmannen

Bijlage 9 – Variantenstudie

Bijlage 10 – Groepen kostenanalyse

Bijlage 11 – Kosten periode 11 tot en met 15 jaar

Bijlage 12 – Maatregelen voor opslag accu's

Bijlage 1 – Sustainable Development Goals

(Bron: SDG Nederland, 2020)

SDG 7

Verzeker toegang tot betaalbare, betrouwbare, duurzame en moderne energie voor iedereen

We hebben energie nodig voor onze welvaart en ons welzijn; om te leven, wonen en werken. De maatschappij zou zich niet zo kunnen ontwikkelen zoals het nu doet zonder energie. Daarom is het belangrijk dat iedereen gebruik kan maken van energie, vinden de Verenigde Naties. Een op de vijf mensen heeft op dit moment nog geen toegang tot energie. Maar tegelijkertijd is energie ook een van de grootste problemen van deze eeuw. We halen te veel energie uit kolen, olie en gas. Deze grondstoffen raken een keer op en de brandstof veroorzaakt klimaatverandering. Ten minste 60 procent van de uitstoot van broeikasgassen wordt veroorzaakt door energie.

Technologie

In 2030 moet iedereen toegang hebben tot betaalbare, betrouwbare en duurzame energie. Duurzame energie kunnen we halen uit natuurlijke bronnen als water, wind en zon. Om dit doel te bereiken moeten deze bronnen beter onderzocht worden, evenals de technologie waarmee we duurzame energie kunnen opwekken. Om moderne en duurzame energie ook in ontwikkelingslanden toegankelijk te maken, moet er gewerkt worden aan een betere infrastructuur en technologische vooruitgang.

SDG 8

Bevorder aanhoudende, inclusieve en duurzame economische groei, volledige en productieve tewerkstelling en waardig werk voor iedereen

In veel landen betekent het hebben van een baan niet automatisch dat je aan armoede kunt ontsnappen. Dit moet anders. Daarom richt doel acht zich op fatsoenlijk werk voor iedereen en duurzame en inclusieve economische groei. Dit betekent dat iedereen die kan werken de mogelijkheid moet hebben om te kunnen werken, onder goede werkomstandigheden. Deze banen moeten economische groei stimuleren zonder het milieu aan te tasten.

Werkloosheid

Er is nog veel te doen binnen dit doel. Van 2007 tot 2012 groeide het aantal werkelozen in de wereld van 170 miljoen naar 202 miljoen. Van dit aantal zijn 75 miljoen jonge vrouwen en mannen. En om het aantal nieuwe mensen op de arbeidsmarkt in de komende jaren van een baan te voorzien, zijn er tussen 2016 en 2030 zijn er 470 miljoen extra banen nodig.

Zo moeten landen binnen hun beleid meer aandacht besteden aan ondernemerschap, creativiteit en innovatie. Financiële instituties moeten versterkt worden zodat iedereen toegang krijgt tot banken, verzekeringen en andere financiële diensten.

Kinderarbeid en slavernij

Daarnaast moeten landen actie ondernemen op het tegengaan van moderne slavernij, mensenhandel en gedwongen arbeid, inclusief kindarbeid en kindsoldaten. En in 2025 moet er definitief een einde komen aan alle vormen van kindarbeid.

SDG 9

Bouw veerkrachtige infrastructuur, bevorder inclusieve en duurzame industrialisering en stimuleer innovatie

Bij infrastructuur moeten we denken aan transport, wegen, irrigatie, energie en informatie-, en communicatietechnologie. Om verbeteringen aan te brengen in onderwijs, gezondheidszorg of het drinkwater, is infrastructuur noodzakelijk. Zonder wegen of transport is het voor kinderen uit afgelegen dorpen bijvoorbeeld veel moeilijker om naar school te gaan. In veel ontwikkelingslanden ontbreekt deze fundamentele infrastructuur.

Zonder infrastructuur is het moeilijker om een baan te krijgen, zaken te doen, informatie te ontvangen en brood te halen. Oftewel, door een betere infrastructuur is het makkelijker om andere doelen te bereiken en gaat de levenskwaliteit omhoog.

Technologische vooruitgang

Om dit te bereiken is er technologische vooruitgang nodig. Daarnaast hebben we vooruitgang nodig om doelen over klimaat en duurzame energie te bereiken. Industrialisatie en innovatie zijn binnen dit doel dus ook van belang. Zonder technologie en innovatie zal er geen industrialisatie komen en zonder industrialisatie komt er geen ontwikkeling, stellen de Verenigde Naties.

Internet

Naast duurzaam en inclusief, moet infrastructuur in 2030 voor iedereen toegankelijk en betaalbaar zijn. Duurzame en inclusieve industrialisatie moet voor meer banen zorgen en het moet het BNP verhogen. In 2020 moeten ook de minst ontwikkelde landen toegang hebben tot internet en er moet meer onderzoek komen naar technologie binnen de industriële sector.

SDG 13

Neem dringend actie om klimaatverandering en haar impact te bestrijden

Ieder land op ieder continent heeft te maken met klimaatverandering. De opwarming van de aarde heeft nu al invloed op het dagelijks leven en het inkomen van miljoenen mensen wereldwijd en dat zal in de toekomst alleen maar toenemen.

Extreme omstandigheden

Droogte, overstromingen en extreme stormen komen vaker voor door klimaatverandering. Broeikasgassen die wij uitstoten zorgen ervoor dat de temperatuur op aarde snel stijgt. Dit zorgt ervoor dat het Poolijs smelt en het zeeniveau stijgt. Arme mensen die nu al het meest kwetsbaar zijn, krijgen het eerst met de gevolgen te maken. Vaak zijn zij afhankelijk van landbouw in gebieden die gevoelig zijn voor extreme omstandigheden.

Onder de twee graden

In december 2015 werd in Parijs een klimaatakkoord gesloten waarbij landen afgesproken hebben om de opwarming van de aarde onder de twee graden te houden. Hiervoor moeten broeikasgassen fors teruggedrongen worden en moeten fossiele energiebronnen vervangen worden door duurzame energie. Verder is het belangrijk dat met name ontwikkelingslanden maatregelen kunnen nemen om zich te wapenen tegen de gevolgen van klimaatverandering.

SDG 17

“De duurzame ontwikkelingsdoelen zijn een to-do lijst voor mensen en de planeet, en een blauwdruk voor succes”, zei VN-Secretaris-Generaal Ban ki-Moon bij de lancering van de SDG’s. “We zullen ook een nieuw mondiaal partnerschap nodig hebben”, aldus Ban ki-Moon. “We hebben actie nodig van iedereen, overal. Zeventien Duurzame Ontwikkelingsdoelen zijn onze gids.”

Samenwerken

Om alle doelen te behalen in 2030 moeten regeringen, bedrijven, burgers en organisaties samenwerken. Het gaat daarbij vooral om technologie, kennisoverdracht, handel, data, beleidscoherentie en financiële stromen. De officiële ontwikkelingshulp (ODA) bedroeg 135,2 miljard dollar in 2014, het hoogste niveau ooit. De schuldenlast van de ontwikkelingslanden blijft stabiel op ongeveer 3 procent van de exportinkomsten. Het aantal internetgebruikers in Afrika bijna verdubbeld in de afgelopen vier jaar, maar meer dan 4 miljard mensen maken geen gebruik van het internet en 90 procent van hen woont in ontwikkelingslanden.

Een succesvolle agenda voor duurzame ontwikkeling vereist partnerschappen tussen regeringen, het bedrijfsleven en het maatschappelijk middenveld. Gezamenlijke principes en waarden, een gedeelde visie en gedeelde doelen zijn nodig op mondiaal, regionaal, nationaal en lokaal niveau.

Investeringsen

Investeringsen op lange termijn, met inbegrip van directe buitenlandse investeringsen, zijn nodig, met name in ontwikkelingslanden, in duurzame energie, infrastructuur en vervoer, alsook informatie- en communicatietechnologie. Regelgeving moet worden aangepast om investeringsen aan te trekken en duurzame ontwikkeling te bevorderen. Nationale toezichtmechanismen zoals rekenkamers en wetgeving moeten worden versterkt.

Bijlage 2 – Methodologie

Deelvraag 1: “Welke brandstofbenodigde materieelstukken, binnen Heijmans Infra (wegenbouw), behoren tot de groep klein- handmaterieel en wat zijn de technische specificaties van deze materieelstukken?”	
Soort onderzoek	Kwalitatief
Dataverzamelingsmethoden	Deskresearch en fieldresearch: - Database onderzoeken - Inventarisatieonderzoek - Literatuurstudie - Locatiebezoek met experts
Datakenmerken	Om inzicht te krijgen in het huidige materieel is een locatiebezoek bij HMB verricht. Voor de technische specificaties zijn de volgende bronnen geraadpleegd. - (Heijmans NV, z.d.-b) - (Neuson, z.d.) - (<i>STIHL: Tuinmachines & tuingereedschap van topkwaliteit</i>, z.d.) - (Husqvarna, z.d.) - (<i>Milwaukee Tools Europe</i>, z.d.)
Onderzoeksverloop	Voor de inventarisatie van het huidige materieel is er een gesprek geweest met Ton Heijmans en Eric Kuipers. Deze experts hebben verteld welke klein- en handmaterieel stukken Heijmans Infra in bezit heeft. Ook is er een veldonderzoek geweest bij een project in Oss en een project in Boxtel. Hier is de conclusie getrokken dat er meerdere materieelstukken in bezit zijn van Heijmans, die niet in het systeem zijn weergegeven. Na deze inventarisatie zijn de technische specificaties via de sites, die bij datakenmerken vermeld zijn, verkregen en opgenomen in een materieellijst.
Data-analysemethoden	De materieelstukken met de bijbehorende technische specificaties zijn verwerkt in Word-tabellen. De gebruikte methode voor deze deelvraag is categoriseren.
Validiteit en betrouwbaarheid	Het onderzoek voor deze deelvraag is valide en betrouwbaar, omdat de gebruikte informatie verkregen is via de fabrikanten. Daarnaast zijn de experts van Heijmans Materieel Beheer benaderd bij het opstellen van de materieellijst.

Deelvraag 2: “Welke materieelstukken uit de categorie klein- en handgereedschap zijn nu al elektrisch en eventueel in bezit van Heijmans en wat zijn de bijbehorende technische specificaties?”	
Soort onderzoek	Kwalitatief
Dataverzamelingsmethoden	Deskresearch en fieldresearch: - Database onderzoeken - Inventarisatieonderzoek - Literatuurstudie - Locatiebezoek met experts
Datakenmerken	Om inzicht te krijgen in het huidige materieel is een locatiebezoek bij HMB verricht. Voor de technische specificaties is er gekeken op de site - (Heijmans NV, z.d.-b) - (Neuson, z.d.) - (<i>STIHL: Tuinmachines & tuingereedschap van topkwaliteit</i>, z.d.) - (Husqvarna, z.d.) - (<i>Milwaukee Tools Europe</i>, z.d.)
Onderzoeksverloop	Voor de inventarisatie van het huidige materieel is er een gesprek geweest met Ton Heijmans en Eric Kuipers. Deze experts hebben verteld welke klein- en handmaterieel stukken Heijmans Infra in bezit heeft. Ook is er een veldonderzoek geweest bij een project in Oss en een project in Boxtel. Na deze inventarisatie zijn de technische specificaties via de sites, die bij datakenmerken vermeld zijn, verkregen en opgenomen in een materieellijst.
Data-analysemethoden	De materieelstukken met de bijbehorende technische specificaties zijn verwerkt in Word-tabellen. De gebruikte methode voor deze deelvraag is categoriseren.
Validiteit en betrouwbaarheid	Het onderzoek voor deze deelvraag is valide en betrouwbaar, omdat de gebruikte informatie verkregen is via de fabrikanten. Daarnaast zijn de experts van Heijmans Materieel Beheer benaderd bij het opstellen van de materieellijst.

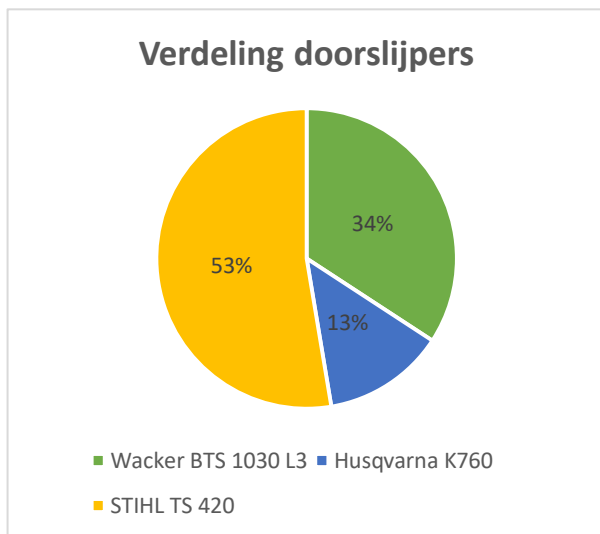
Deelvraag 3: “Wat is de uitstoot van koolstofdioxide per jaar, van de materieelstukken gekeken naar gebruiksduur en technische specificaties?”	
Soort onderzoek	Kwantitatief
Dataverzamelingsmethoden	Deskresearch en fieldresearch: - Literatuurstudie - Locatiebezoek met experts
Datakenmerken	Om de CO2-uitstoot van de materieelstukken te berekenen zijn gesprekken geweest met vakmannen en experts binnen Heijmans. ook is er gebruik gemaakt van de volgende bronnen: - (<i>Lijst emissiefactoren</i>, 2021) - (Basisbestand Huurtarieven HMB Nieuw, 14 april 2021)
Onderzoeksverloop	Voor de berekeningen zijn de benodigde gegevens uit de materieellijst overgenomen in een Excel-document. Dit document is door middel van formules zodanig ingevuld, dat tussentijdse wijzigingen automatisch doorberekend worden. In een overleg met Stefan Daamen (duurzaamheidsadviseur) zijn de berekeningen doorgenomen. Hierin kwam naar voren dat de berekeningen te complex waren. Hij gaf aan om te werken met gemiddeldes. Naast Stefan Daamen, zijn ook diverse uitvoerders van Heijmans ondervraagt om inzicht te krijgen in de gebruiksintensiteit van de materieelstukken. Uiteindelijk is via Excel de berekening uitgevoerd en een uitkomst geformuleerd op de vraag, wat de CO2-uitstoot is van het klein- en handmaterieel.
Data-analysemethoden	Om de data te analyseren is gebruik gemaakt van Microsoft Excel.
Validiteit en betrouwbaarheid	Het onderzoek voor deze deelvraag is valide en betrouwbaar, omdat de gebruikte informatie verkregen is via betrouwbare bronnen en experts binnen Heijmans. Daarnaast zorgt Excel voor een extra zekerheid in het juist uitvoeren van de berekening.

Deelvraag 4: “Welke aspecten komen kijken bij overgang naar elektrisch materieel?”	
Soort onderzoek	Kwalitatief
Dataverzamelingsmethoden	Deskresearch en fieldresearch: - Database onderzoeken - Literatuurstudie - Locatiebezoek met experts
Datakenmerken	Om in kaart te krijgen welke aspecten komen kijken bij de overgang naar elektrisch materieel is voornamelijk database onderzoek uitgevoerd. Zo zijn verschillende bronnen geraadpleegd. - <i>De weger, D. (z.d.). Transitiepad bouwplaats en bouwlogistiek visie en aanpak RWS. PlatformWOW.</i> - <i>RVO. (z.d.). Rekenvoorbeelden MIA\Vamil RVO.nl Rijksdienst. RVO.nl.</i> - <i>ELaadNL. (z.d.). ELaadNL Outlook bouwmatierieel.</i> - <i>NOS, 2019</i> - <i>Bredenoord BV, 2021)</i> - <i>Veiligheidsregio Rotterdam Rijnmond, 2019</i> Bovendien zijn er gesprekken geweest met experts binnen Heijmans. Onder andere uitvoerder Wouter van Leeuwen, en een werkvoorbereider hebben uitgelegd wat hun visie is als het gaat om de transitie naar elektrisch materieel.
Onderzoeksverloop	Door middel van experts en literatuuronderzoek zijn de aspecten omtrent de transitie naar elektrisch materieel bekeken. Ook is een telefonisch gesprek gevoerd met duurzaamheid coördinator Dick de Weger van Rijkswaterstaat.
Data-analysemethoden	Alle informatie is genoteerd in een Word-document en later gecategoriseerd.
Validiteit en betrouwbaarheid	Het onderzoek is valide en betrouwbaar, omdat er betrouwbare bronnen en experts van Heijmans zijn geraadpleegd.

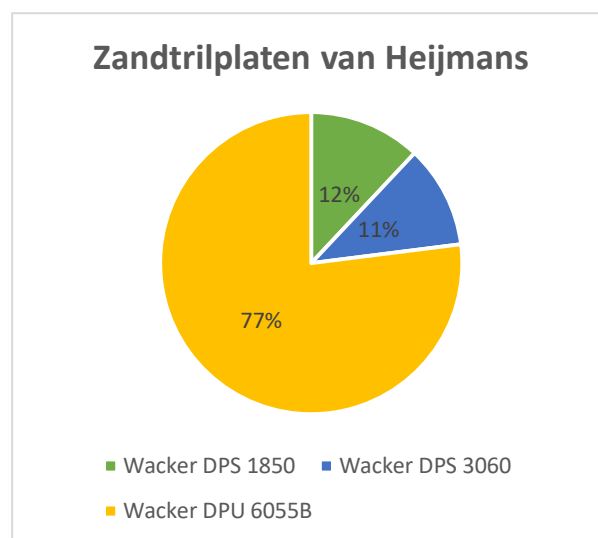
Deelvraag 5: “Welke elektrische varianten kunnen dienen als vervangend materieelstuk voor het huidige brandstof materieel, als er gekeken wordt naar de eisen van Heijmans en naar de technische specificaties?”	
Soort onderzoek	Kwalitatief
Dataverzamelingsmethoden	Deskresearch en fieldresearch: - Database onderzoeken - Literatuurstudie - Interviews met experts
Datakenmerken	De vergelijking tussen elektrische varianten en brandstofbenodigde varianten is gemaakt op basis van selectiecriteria. Deze selectiecriteria zijn gebaseerd op de visie van Heijmans en wet en regelgeving.
Onderzoeksverloop	Voor de variantenstudie zijn de technische specificaties gebruikt van de materieellijst. Op basis van het doel van Heijmans, dat beschreven staat in de paragraaf en interviews op de bouwplaats met vakmannen, zijn selectiecriteria opgesteld. Deze selectiecriteria hebben de varianten gefilterd die kunnen dienen als vervangende elektrische variant.
Data-analysemethoden	De benodigde informatie is verwerkt in een Word document. De gebruikte methoden zijn het vergelijken van data (technische specificaties) en categoriseren van de varianten.
Validiteit en betrouwbaarheid	Het onderzoek is valide en betrouwbaar omdat de technische specificaties zijn overgenomen van de fabrikant en de visie van Heijmans geverifieerd is met de bedrijfsleider. Het interview is afgenomen bij 7 vakmannen. Hun visie en eisen geven een bredere blik op de gehele transitie. Hierdoor zijn de selectiecriteria kritisch bepaald.

Deelvraag 6: “Wat zijn de kosten die komen kijken bij de transitie van het huidige brandstofmaterieel naar elektrische varianten?”	
Soort onderzoek	Kwantitatief en kwalitatief
Dataverzamelingsmethoden	Deskresearch en fieldresearch: - Database onderzoeken - Literatuurstudie - Intranet onderzoek
Datakenmerken	Om de kosten te bepalen voor de transitie naar materieel zijn aanschafkosten, afschrijvingen, reparatie en onderhoudskosten, brandstof en stroomprijzen en de verwachte levensduur meegenomen in de berekeningen. Deze informatie is verkregen via: - Heijmans intranet - Green power Solutions - Stefan Daamen (expert Heijmans) - Mark van Son (expert Heijmans) - Voorgaande resultaten onderzoek
Onderzoeksverloop	Om de kosten te bepalen voor het huidige materieel zijn de kostenposten via Intranet van Heijmans geraadpleegd. Voor het elektrische materieel zijn de aanschafkosten via telefonisch contact met de fabrikanten verkregen. Deze kosten zijn vermeld in de materieellijst. De kostenanalyse geeft het kostenplaatje weer voor een periode van 1 tot 15 jaar. Omdat niet iedere categorie winstgevend blijkt te zijn. Zijn de snijpunten van deze categorieën berekend.
Data-analysemethoden	De informatie over de kostenposten is verwerkt in een Word-document. De berekeningen zijn gemaakt in een Excel-bestand en later in hetzelfde Word bestand geplaatst. Hierbij is gebruik gemaakt van categoriseren, vergelijken van data en statistisch toetsen.
Validiteit en betrouwbaarheid	Het onderzoek is valide en betrouwbaar, omdat de kostenposten up-to-date zijn en omdat de overige externe informatie direct van de fabrikanten afkomt.

Bijlage 3 - Verdeling materieelstukken per categorie



Grafiek 1 Verdeling doorslijpers



Grafiek 2 Verdeling zandtrilplaten



Grafiek 3 Verdeling sleuvenstampers



Grafiek 4 Verdeling vuilwaterpompen

Bijlage 4 - Foto's materieelstukken Heijmans Infra Regio Zuid B.V.

Doorslijpers



Figuur 1 Doorslijper Wacker BTS1030L3
Bron: Rick van der Zanden



Figuur 2 Doorslijper Husqvarna K760
Bron: Rick van der Zanden



Figuur 3 Doorslijper Stihl TS410
Bron: Rick van der Zanden

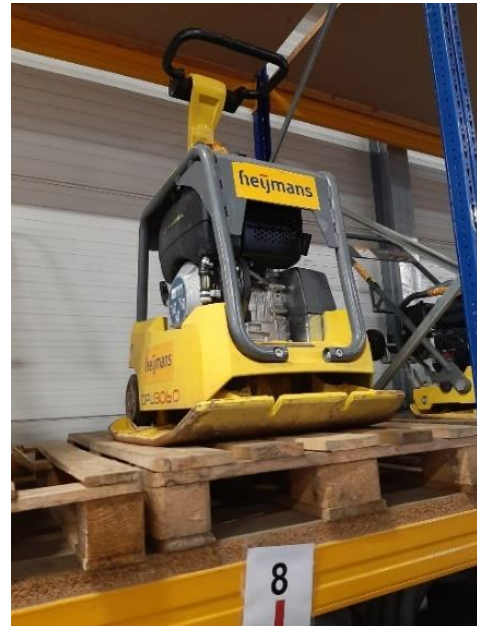


Figuur 5 Doorslijper Milwaukee-COS350MXF

Zandtrilplaten



Figuur 7 Zandtrilplaat DPS1850



Figuur 6 Zandtrilplaat DPS3060



Figuur 8 Zandtrilplaat DPU6055



Figuur 8 Zandtrilplaat 1850e
Bron: www.webmaterieel.nl



Figuur 9 Zandtrilplaat Wacker 2560e
Bron: www.webmaterieel.nl

Sleuvenstamper



Figuur 10 Sleuvenstamper Wacker BS60Y
Bron: Rick van der Zanden



Figuur 11 Sleuvenstamper Wacker AS30e
Bron: www.webmaterieel.nl



Figuur 12 Sleuvenstamper Wacker AS50e
Bron: Rick van der Zanden



Figuur 13 Sleuvenstamper Wacker AS60e
Bron: www.webmaterieel.nl

Vuilwaterpompen



*Figuur 14 Vuilwaterpomp Homelite GX120
Bron: Rick van der Zanden*

Accu's en snelladers



Figuur 15 Accu en Snellader Milwaukee
Bron: Rick van der Zanden



Figuur 16 Snellader C48/13
Bron: Rick van der Zanden



Figuur 17 Accu Wacker BP1000
Bron: Rick van der Zanden

Bijlage 5 – Technische specificaties klein- en handmaterieel

Technische specificaties zandtrilplaat

Materieelstukken	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat
Producttype	211013	211007	211005	211118	211125
Merk	Wacker	Wacker	Wacker	Wacker	Wacker
Type	DPS 1850	DPS 3060	DPU 6055B	AP1850e	AP2560e
Werkbreedte (mm)	500	600	550	500	600
Acculooptijd	Geen accu	Geen accu	Geen accu	810 m2	529 m2
Gewicht (kg)	110	188	455	107	143
Start	Trekkoord	Aanslingeren	Elektrisch	Startknop	Startknop
Brandstof	Diesel	Diesel	Diesel	Accu	Accu
Slagkracht (kN)	18	30	60	18	25
Trilfreq. (tr/min.)	5300 (88.3 Hz)	5400 (90 Hz)	4150 (69 Hz)	(98 Hz)	Geen informatie
Geluidsniveau (dB)	92	89	97	98	98
Vermogen (kW)	3.4	4.42	9.57	810 m2/h	756 m2/h
Verbruik (L/uur)	1	1.2	2.2	0	0
Brandstoftank (liter)	3	5	7	0	0
Aantal stuks bij Heijmans	12	11	77	2	4

Tabel 1 Technische specificaties zandtrilplaten

Technische specificaties doorslijper

Materieelstukken	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper
Producttype	178501	452221	50010	178510
Merk	Wacker	Husqvarna	STIHL	Milwaukee
Type	BTS 1030 L3	K760	TS 410	MXF-COS350
Acculooptijd	Geen accu	Geen accu	Geen accu	15
Afmetingen (mm)	780x290x370	601x225x389	675	806x354x305
Gewicht (kg)	10	9.8	9.4	16.7
Start	Trekkoord	Trekkoord	Trekkoord	Startknop
Zaagblad (mm)	300 mm	350 mm diamant	300 mm diamant	350/125
Brandstof	Mengsmering 50:1	Mengsmering 50:1	Mengsmering 50:1	Accu
Geluidsniveau (dB)	110	115	109	116.5
Vermogen (kW)	4.2	3.7	3.2	Geen informatie
Verbruik (L/uur)	2.1	Geen informatie	1.94	0
Brandstoftank (liter)	1.1	Geen informatie	710 cm3	0
Aantal stuks bij Heijmans	13	5	20	3

Tabel 2 Technische specificaties doorslijpers

Technische specificaties sleuvenstampers

Materieelstukken	Sleuvenstamper	Sleuvenstamper	Sleuvenstamper	Sleuvenstamper
Producttype	214002	214103	214105	214106
Merk	Wacker	Wacker Neuson	Wacker Neuson	Wacker Neuson
Type	BS60Y	AS30e	AS50e	AS60e
Werkbreedte (mm)	330x280	300	500	600
Acculooptijd	Oneindig	30/45 min.	20/30 min.	0/25 min.
Afmetingen (mm)	675x345x965	620x361x1046	610x361x1050	610x361x1050
Gewicht (kg)	63	32.4	61	61
Start	Trekkoord	Startknop	Startknop	Startknop
Brandstof	Mengsmering 50:1	Accu	Accu	Accu
Capaciteit	Geen informatie	810	680	680
Slagkracht (kN)	13.4	10	16	17
Geluidsniveau (dB)	90	108	108	108
Vermogen (kW)	2.95	1.34	2.1	2.24
Verbruik (L/uur)	1.2	0	0	0
Brandstoftank (liter)	3	0	0	0
Aantal stuks bij Heijmans	125	6	4	7

Tabel 3 Technische specificaties sleuvenstampers

Technische specificaties vuilwaterpomp

Materieelstukken	Vuilwaterpomp
Producttype	234101
Merk	Homelite/Honda
Type	GX120
Afmetingen (mm)	838x483x622
Gewicht (kg)	56,7
Start	Startknop
Brandstof	Benzine
Geluidsniveau (dB)	Geen informatie
Vermogen (kW)	2,6
Verbruik (L/uur)	1,12
Brandstoftank (liter)	2,8
Aantal stuks bij Heijmans	16

Tabel 4 Technische specificaties vuilwaterpomp

Technische specificaties accu's en snelladers

Materieelstukken	Accu (doorslijper)	Oplader accu (doorslijper)	Snellader C48/13	Accu BP1000	Accu BP600	Accu BP1400
Producttype	178515	178520	215105	215110		
Merk	Milwaukee	Milwaukee	Wacker	Wacker	Wacker	Wacker
Type	Geen informatie	Geen informatie	C48/13	BP1000	BP600	BP1400
Afmetingen (mm)	Geen informatie	Geen informatie	Geen informatie	220x290x197	220x290x197	220x290x197
Gewicht (kg)	Geen informatie	Geen informatie	Geen informatie	9,4	9,1	9,6

Tabel 5 Technische specificaties accu's en snelladers

Bijlage 6 - Uitstootberekeningen

In dit hoofdstuk worden de berekeningen doorgenomen. De informatie van de technische specificaties en de lijst met emissiefactoren zorgen voor de basis van de berekeningen. Later worden er aannames gemaakt. Deze aannames worden een voor een beschreven en toegelicht.

Bepalen van het gemiddelde verbruik

De eerste stap voor de berekeningen is gemiddelde berekenen van het verbruik. Deze keuze komt voort uit een bepaalde reden. Het verbruik wordt vaak aangegeven met 1 decimaal. Echter is het verbruik van een brandstofmotor, nooit exact. Het gevraagde vermogen, de weerstand en de conditie van de motor hebben invloed op het verbruik. Het kan dus niet op een decimaal precies berekend worden. Door een gemiddelde te pakken van alle materieelstukken en het daar bijbehorende verbruik, ontstaat er een nauwkeuriger verbruik om mee te rekenen. Deze keuze is mede tot stand gekomen in overleg met een Stefan Daamen, adviseur op het gebied duurzaamheid van Heijmans Infra.

Voor de vier categorieën materieelstukken (doorslijper, zandtrilplaten, sleuvenstamper en vuilwaterpomp) is het gemiddelde verbruik als volgt berekend.

1. Verbruik materieelstuk 1 x Aantal materieelstuk 1 = A
2. Verbruik materieelstuk 2 x Aantal materieelstuk 2 = B
3. Verbruik materieelstuk 3 x Aantal materieelstuk 3 = C
4. $(A+B+C) / \text{Totaal aantal materieelstukken} = \text{Gemiddeld verbruik per uur per materieelstuk (L / uur)}$

Bepalen van de gemiddelde CO₂-uitstoot per uur per materieelstuk

Na het bepalen van het gemiddeld verbruik per uur per materieelstuk, kan de stap worden gezet naar het bepalen van de gemiddelde CO₂-uitstoot per uur per materieelstuk van een bepaalde categorie. Daarvoor wordt de lijst met emissiefactoren geraadpleegd. In afbeelding 2 is te zien dat voor benzine de emissiefactor, volgens de WtW methode, 2.784 Kg CO₂ per liter is. Voor diesel is dat 3.262 Kg CO₂ per liter. Het verbruik is gegeven in liter per uur. De gemiddelde CO₂-uitstoot wordt dus als volgt berekend.

1. $\text{Gemiddeld verbruik per uur per materieelstuk} \times \text{emissiefactor benzine/diesel} = \text{gemiddelde CO}_2\text{-uitstoot per uur per materieelstuk (Kg / uur)}$

Bepalen van de CO₂-uitstoot per jaar per materieelstuk

Voor de volgende stap worden aannames gemaakt. Om het verbruik per jaar te berekenen zijn bepaalde gegevens nodig. Ten eerste is het aantal werkdagen per jaar belangrijk. Volgens onze geraadpleegde expert Stefan Daamen wordt gerekend met 210 dagen. Dit zijn 5 werkdagen maal de 52 weken in een jaar. Het aantal uren per werkdag is vastgesteld op 8 uur.

De bezettingsgraad van een materieelstuk, ook wel het percentage per dag dat het gebruikt wordt, is per materieelstuk verschillend. Daarvoor zijn aannames gemaakt. Het is echter wel van belang om een bezettingsgraad te hebben. Als deze niet meegenomen wordt in de berekeningen, wordt de CO₂-uitstoot berekend van een materieelstuk dat 210 dagen per jaar 8 uur per dag draait. Dit geeft een onjuist beeld van de CO₂-uitstoot. De CO₂-uitstoot per jaar per materieelstuk wordt als volgt berekend.

1. $\text{Aantal werkdagen per jaar} \times \text{Aantal werkuren per dag} \times \text{Bezettingsgraad} \times \text{Gemiddeld verbruik per uur per materieelstuk} = \text{CO}_2\text{-uitstoot per materieelstuk per jaar.}$

Bepalen gemiddelde CO2-uitstoot per groep per jaar

De een na laatste stap is het bepalen van de CO2-uitstoot van een categorie van de materieelstukken. Hiervoor wordt de uitkomst van de vorige stap vermenigvuldigd met het aantal materieelstukken uit die categorie. Tevens wordt ook hier een bezettingsgraad toegepast. Niet alle materieelstukken zijn namelijk het gehele jaar “verhuurd”. De berekening wordt op de volgende manier uitgevoerd.

1. Gemiddelde CO2-uitstoot per materieelstuk per jaar x Aantal materieelstukken in bezit van Heijmans Infra x bezettingsgraad = Gemiddelde CO2-uitstoot per categorie per jaar.

Bepalen totale uitstoot klein- en handmaterieel

De laatste stap is het berekenen van de totale uitstoot van het klein- en handmaterieel. Dit gaat als volgt te werk.

1. Gemiddelde CO2-uitstoot categorie 1 per jaar + Gemiddelde CO2-uitstoot categorie 2 per jaar + Gemiddelde CO2-uitstoot categorie 3 per jaar + Gemiddelde CO2-uitstoot categorie 4 per jaar = totale CO2-uitstoot per jaar van al het brandstofbenodigde klein- en handmaterieel.

Bijlage 7 – Emissiefactoren

Brandstoffen voertuigen en schepen	Eenheid	Kg CO2/eenheid (WTW)	Kg CO2/eenheid (TTW)	Kg CO2/eenheid (WTT)	Bron	Toelichting	Datum	
		Totaal	Energiegebruik	Energieproductie				
	Benzine (E10, 2020 blend)	liter	2,784	2,141	0,643	[33]		jan '21
	Benzine (2015-2019 blend)	liter	2,884	2,233	0,651	[33]		jan '21
	Benzine (fossiel)	liter	3,032	2,377	0,655	[33]		jan '21
	Bio-ethanol (100%)	liter	0,558	0,014	0,543	[33]		jan '21
	E85	liter	0,876	0,369	0,507	[33]		jan '21
	Diesel (B7, 2020 blend)	liter	3,262	2,474	0,788	[33]		jan '21
	Diesel (2015-2019 blend)	liter	3,309	2,514	0,796	[33]		jan '21
	Diesel (fossiel)	liter	3,473	2,657	0,816	[33]		jan '21
	Biodiesel (HVO)	liter	0,314	0,038	0,276	[33]		feb '21
	Biodiesel (FAME)	liter	0,449	0,035	0,414	[33]		jan '21
	GTL	liter	3,274	2,471	0,803	[33]		jan '21
	CNG (aardgas)	kg	2,633	2,284	0,35	[33]		jan '21
	Bio-CNG (groengas)	kg	1,049	0,137	0,912	[33]		jan '21
	LNG	kg	3,651	2,945	0,706	[33]		jan '21
	Bio-LNG	kg	1,431	0,176	1,254	[33]		jan '21
	LPG	liter	1,798	1,631	0,167	[33]		jan '21
	Waterstof grijs	kg	12,516	0	12,516	[33]		jan '21
	Waterstof groen	kg	1,092	0	1,092	[33]		jan '21
	Marine Diesel Oil (MDO)	liter	3,436	2,719	0,717	[33]		jan '21
	Heavy Fuel Oil (HFO)	liter	3,762	3,11	0,652	[33]		jan '21
	Kerosine (jet A1)	liter	3,202	2,506	0,696	[33]		jan '21

Figuur 1 Lijst Emissiefactoren (Bron: Lijst emissiefactoren. (2021, 22 februari). CO2 emissiefactoren. <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijt-emissiefactoren/>)

Bijlage 8 – Berekeningen CO₂-uitstoot met behulp van Excel

Gemiddeld brandstofverbruik materieelstukken Heijmans

Materieelstukken	Producttype	Merk	Type	Verbruik (L/uur)	Aantal stuks bij Heijmans
Doorslijper	178501	Wacker	BTS 1030 L3	2.1	13
Doorslijper	452221	Husqvarna	K760	2	5
Doorslijper	452233	STIHL	TS 420	1.94	20
Totaal aantal stuks					38

Gemiddelde verbruik per doorslijper Heijmans	2.0	L/uur
--	-----	-------

Materieelstukken	Producttype	Merk	Type	Verbruik (L/uur)	Aantal stuks bij Heijmans
Zandtrilplaat 107/1800 KG V	211013	Wacker	DPS 1850	1	12
Zandtrilplaat 170/2300 KG V	211007	Wacker	DPS 3060	1.2	11
Zandtrilplaat 650/6000 KG V+A	211005	Wacker	DPU 6055B	2.2	77
Totaal aantal stuks					100

Gemiddelde verbruik per zandtrilplaat Heijmans	1.9	L/uur
--	-----	-------

Materieelstukken	Producttype	Merk	Type	Verbruik (L/uur)	Aantal stuks bij Heijmans
Sleuvenstamper BS60/630	214002	Wacker	BS60Y	1.2	125
Totaal aantal stuks					125

Gemiddelde verbruik per sleuvenstamper Heijmans	1.2	L/uur
---	-----	-------

Materieelstukken	Producttype	Merk	Type	Verbruik (L/uur)	Aantal stuks bij Heijmans
Vuilwaterpomp	234101	Homelite	GX120	1.12	16
Totaal aantal stuks					16

Gemiddelde verbruik per vuilwaterpomp Heijmans	1.1	L/uur
--	-----	-------

Gemiddeld CO2-uitstoot materieelstukken Heijmans

Materieelstukken	Producttype	Merk	Type	Brandstof
Doorslijper benzine	178501	Wacker	BTS 1030 L3	Mengsmering 50:1
Doorslijper benzine	452221	Husqvarna	K760	Mengsmering 50:1
Doorslijper benzine	452233	STIHL	TS 410	Mengsmering 50:1

Mengsmering 50:1			2.784	Kg CO2/L
Gemiddelde verbruik doorslijpers Heijmans			2.0	L/uur
Gemiddelde CO2-uitstoot per doorslijper			5.6	Kg CO2/uur

Materieelstukken	Producttype	Merk	Type	Brandstof
Zandtrilplaat 107/1800 KG V	211013	Wacker	DPS 1850	Diesel
Zandtrilplaat 170/2300 KG V	211007	Wacker	DPS 3060	Diesel
Zandtrilplaat 650/6000 KG V+A	211005	Wacker	DPU 6055B	Diesel

Diesel			3.262	Kg CO2/L
Gemiddelde verbruik zandtrilplaten Heijmans			1.9	L/uur
Gemiddelde CO2-uitstoot per zandtrilplaat			6.2	Kg CO2/uur

Materieelstukken	Producttype	Merk	Type	Brandstof
Sleuvenstamper BS60/630	214002	Wacker	BS60Y	Mengsmering 50:1

Mengsmering 50:1			2.784	Kg CO2/L
Gemiddelde verbruik sleuvenstampers Heijmans			1.2	L/uur
Gemiddelde CO2-uitstoot per sleuvenstamper			3.3	Kg CO2/uur

Materieelstukken	Producttype	Merk	Type	Brandstof
Vuilwaterpomp	234101	Homelite	GX120	Benzine

Benzine			2.784	Kg CO2/L
Gemiddelde verbruik vuilwaterpompen Heijmans			1.1	L/uur
Gemiddelde CO2-uitstoot per vuilwaterpomp			3.1	Kg CO2/uur

Totale CO2-uitstoot per materieelstuk Heijmans per jaar

Uren per werkdag	8
Werkdagen per jaar	230

Gemiddelde CO2-uitstoot per doorslijper	5.6	Kg CO2/uur
Uren per werkdag	8	Uur
Gebruikspercentage per werkdag	2.5	Procent
Gemiddelde CO2-uitstoot per doorslijper	256	Kg CO2/jaar

Gemiddelde CO2-uitstoot per zandtrilplaat	6.2	Kg CO2/uur
Uren per werkdag	8	Uur
Gebruikspercentage per werkdag	12.5	Procent
Gemiddelde CO2-uitstoot per zandtrilplaat	1425	Kg CO2/jaar

Gemiddelde CO2-uitstoot per sleuvenstamper	3.3	Kg CO2/uur
Uren per werkdag	8	Uur
Gebruikspercentage per werkdag	5	Procent
Gemiddelde CO2-uitstoot per sleuvenstamper	307	Kg CO2/jaar

Gemiddelde CO2-uitstoot per vuilwaterpomp	3.1	Kg CO2/uur
Uren per werkdag	8	Uur
Gebruikspercentage per werkdag	100	Procent
Gemiddelde CO2-uitstoot per vuilwaterpomp	5737	Kg CO2/jaar

Gemiddelde CO2-uitstoot per groep van Heijmans per jaar

Gemiddelde CO2-uitstoot per doorslijper	256	Kg CO2/jaar
Aantal stuks	38	stuks
Bezettingsgraad doorslijpers	85	Procent
Doorslijpers	8284	Kg CO2/jaar

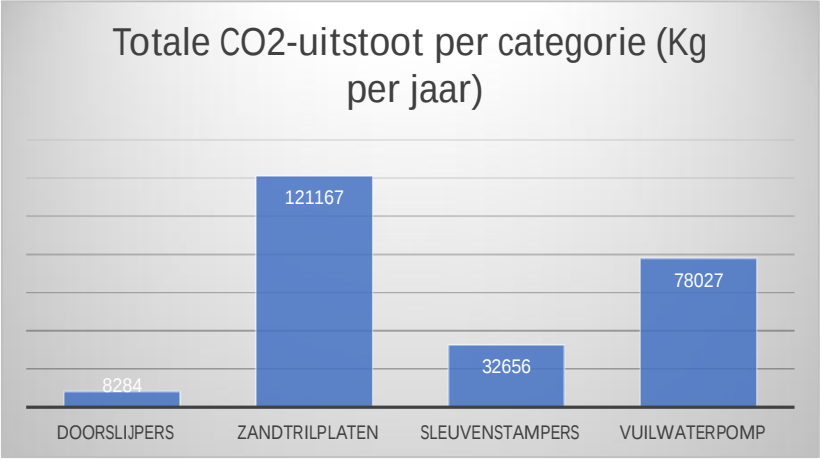
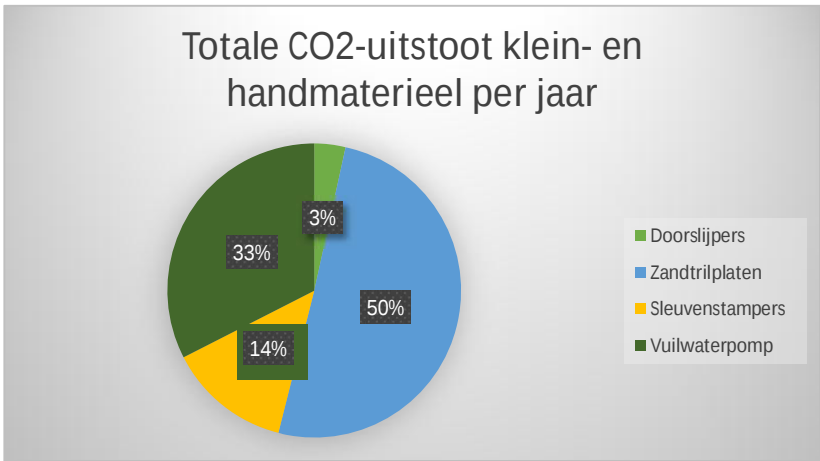
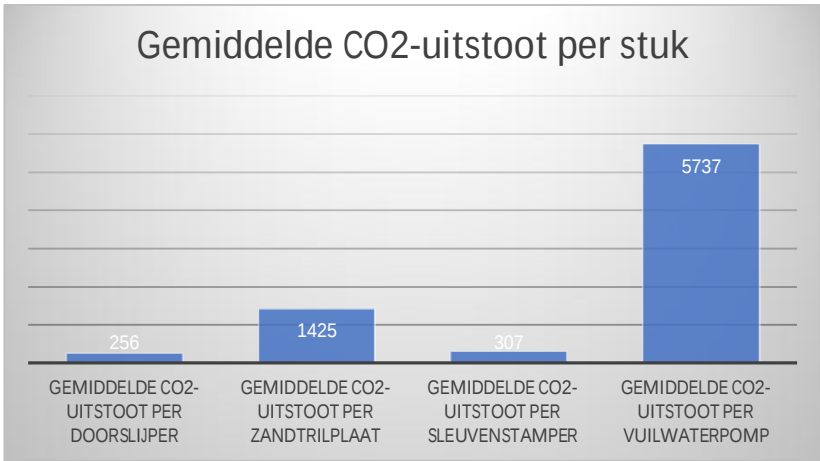
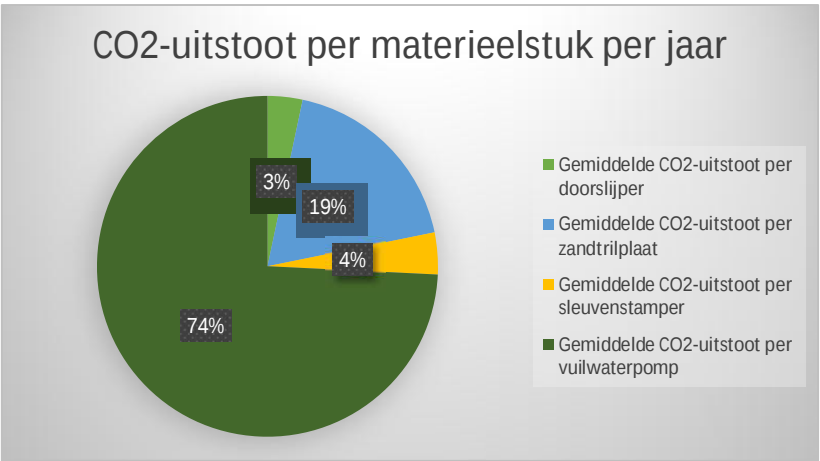
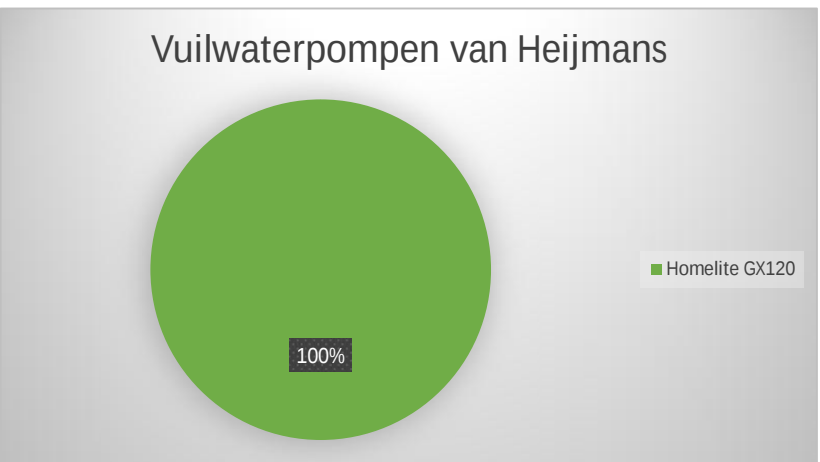
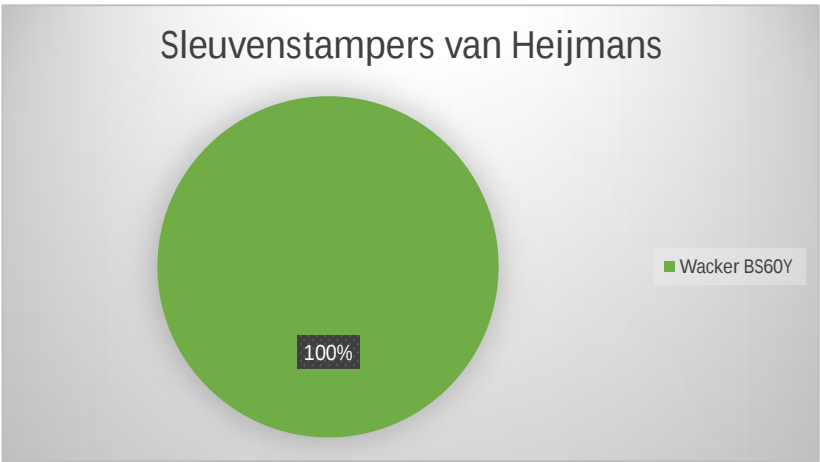
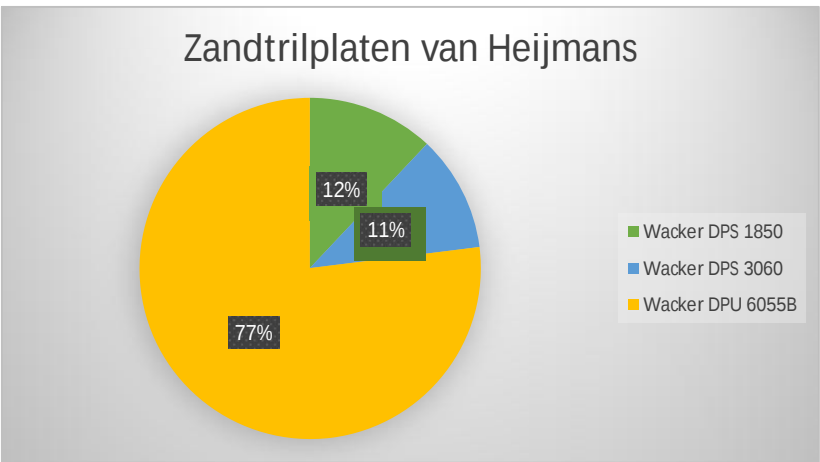
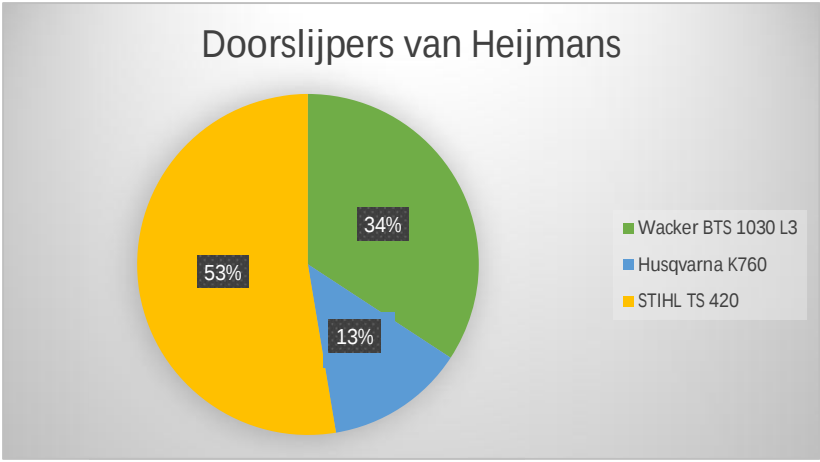
Gemiddelde CO2-uitstoot per zandtrilplaten	1425	Kg CO2/jaar
Aantal stuks	100	stuks
Bezettingsgraad zandtrilplaten	85	Procent
Zandtrilplaten	121167	Kg CO2/jaar

Gemiddelde CO2-uitstoot per sleuvenstampers	307	Kg CO2/jaar
Aantal stuks	125	stuks
Bezettingsgraad sleuvenstampers	85	Procent
Sleuvenstampers	32656	Kg CO2/jaar

Gemiddelde CO2-uitstoot per vuilwaterpomp	5737	Kg CO2/jaar
Aantal stuks	16	stuks
Bezettingsgraad vuilwaterpomp	85	Procent
Vuilwaterpomp	78027	Kg CO2/jaar

Totale CO2-uitstoot van alle categorieën	240134	Kg CO2/jaar
--	--------	-------------

Weergave in grafieken



Bijlage 9 – Interviews vakmannen

In deze bijlage zijn de afgenomen enquêtes weergegeven. De vakmannen hebben de volgorde van de specificaties opgesteld per materieelstuk en daarbij een eventuele korte onderbouwing vermeld.

Enquête vakman Hein van Uden

Trilplaten

1. Slagkracht (kN)
 2. Werkbreedte (mm)
 3. Gewicht (kg)
 4. Geluidsniveau (dB)
 5. CO2 uitstoot
- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
 - Waarom geef je deze volgorde aan?

Slagkracht op 1, omdat het goed verdicht moet worden. Dat is ook de bedoeling van een trilplaat.

Doorslijpers

1. Gewicht
 2. Zaagblad
 3. Geluidsniveau
 4. CO2 uitstoot
- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
 - Waarom geef je deze volgorde aan?

Staat altijd voorover gebukt om te zagen. Hoe zwaarder de doorslijper hoe meer belastend dit is voor je rug. Daarom gewicht op 1.

Stampers

1. Slagkracht (kN)
 2. Gewicht (kg)
 3. Werkbreedte (mm)
 4. Geluidsniveau (dB)
 5. CO2 uitstoot
- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
 - Waarom geef je deze volgorde aan?

Slagkracht op 1, omdat de verdichting het belangrijkste is

Wat is uw visie op het elektrificeren van het materieel?

Ik vind het een mooie en goede ontwikkeling voor de bouwsector. Zeker gezien de steeds strengere eisen van opdrachtgevers. Het liefste werk ik met brandstof materieel. Maar als elektrisch materieel voordelen heeft voor de gezondheid en voor het bedrijf dan is dit natuurlijk aantrekkelijker.

Enquête vakman Johnny vissers

Trilplaten

1. Werkbreedte (mm)
2. Gewicht (kg)
3. Slagkracht (kN)
4. Geluidsniveau (dB)
5. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Hoe groter de werkbreedte, hoe meer oppervlak je in een keer pakt. Daarom de werkbreedte op de 1^e plek.

Doorslijpers

1. Zaagblad
2. Gewicht
3. Geluidsniveau
4. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Het zaagblad is het belangrijkste, omdat bij het zagen van grotere stukken een groter zaagblad van belang is om er doorheen te komen.

Stampers

1. Slagkracht (kN)
2. Werkbreedte (mm)
3. Gewicht (kg)
4. Geluidsniveau (dB)
5. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Bij een stamper is juist fijner om een normale werkbreedte te hebben en een hogere slagkracht. Deze wordt vaak in sleuven gebruikt dus vandaar de slagkracht op 1.

Wat is uw visie op het elektrificeren van het materieel?

Elektrisch materieel is beter voor en het milieu en onze eigen gezondheid. Ik vind het alleen belangrijker dat het materieel voldoet aan dezelfde kwaliteiten van het huidige materieel.

Enquête vakman Marco

Trilplaten

1. Slagkracht (kN)
2. Gewicht (kg)
3. Werkbreedte (mm)
4. Geluidsniveau (dB)
5. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Slagkracht op 1, omdat dat het doel is van de trilplaat. Ander moet je er vaker overheen gaan wat eigenlijk ook niet veel beter wordt.

Doorslijpers

1. Gewicht
2. Zaagblad
3. Geluidsniveau
4. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Zagen met veel gewicht is slecht voor de rug. Vandaar gewicht op 1.

Stampers

1. Gewicht (kg)
2. Slagkracht (kN)
3. Werkbreedte (mm)
4. Geluidsniveau (dB)
5. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Gewicht op 1, omdat wanneer de stamper zich ingraaft, het makkelijker is om de stamper eruit te trekken wanneer deze lichter is.

Wat is uw visie op het elektrificeren van het materieel?

Het belangrijkste is dat het materieel goed werkt. Als het hetzelfde werkt als de brandstof materieelstukken is het prima en ook goed voor het milieu en voor onze gezondheid.

Enquête vakman Bert Pijnappels

Trilplaten

1. Slagkracht (kN)
2. Gewicht (kg)
3. Werkbreedte (mm)
4. Geluidsniveau (dB)
5. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Slagkracht op 1, omdat een trilplaat bedoeld is om goed te verdichten. Hoe hoger de slagkracht hoe beter.

Doorslijpers

1. Gewicht
2. Zaagblad
3. Geluidsniveau
4. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Hoe zwaarder het zagen, hoe lastiger dit is voor ons en voor onze rug.

Stampers

1. Slagkracht (kN)
2. Gewicht (kg)
3. Werkbreedte (mm)
4. Geluidsniveau (dB)
5. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Slagkracht op 1, omdat het de bedoeling is dat een stamper alles goed verdicht.

Wat is uw visie op het elektrificeren van het materieel?

Ik denk dat het elektrische materieel niet zo goed werkt als het materieel wat we nu hebben. Daarom denk ik dat het niet verstandig is om elektrische materieelstukken nu al in te kopen. Eerst kijken hoe het verder ontwikkeld.

Enquête vakman Johan van Dijk

Trilplaten

1. Slagkracht (kN)
2. Gewicht (kg)
3. Werkbreedte (mm)
4. Geluidsniveau (dB)
5. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Slagkracht op 1, omdat dat het doel is van de trilplaat. Ander moet je er vaker overheen gaan wat eigenlijk ook niet veel beter wordt.

Doorslijpers

1. Gewicht
2. Zaagblad
3. Geluidsniveau
4. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Zagen met veel gewicht is slecht voor de rug. Vandaar gewicht op 1.

Stampers

1. Gewicht (kg)
2. Slagkracht (kN)
3. Werkbreedte (mm)
4. Geluidsniveau (dB)
5. CO2 uitstoot

- Geef een ranking van de bovenstaande punten. 1 is het belangrijkste, 5 het minst belangrijke.
- Waarom geef je deze volgorde aan?

Gewicht op 1, want hoe lichter die is, des te makkelijker het teruggetrokken kan worden uit de grond bij ingraven.

Wat is uw visie op het elektrificeren van het materieel?

Voor het bedrijf denk ik dat het belangrijk is om elektrisch materieel te gebruiken. Als het ook net zo goed werkt als het materieel wat we nu hebben, vind ik het een goed idee. Ook is het goed voor onszelf doordat we al die slechte uitstoten niet meer inademen.

Bijlage 10 – Variantenstudie

In deze bijlage zijn alle elektrische varianten weergegeven. De tabellen toetsen de technische specificaties aan de gestelde eisen. Op basis van deze tabellen is besloten welke varianten als vervangend materieelstuk kunnen dienen. Deze zijn meegenomen in de kostenanalyse.

Zandtrilplaten

Op basis van de selectiecriteria is besloten om de brandstofbenodigde varianten te koppelen aan de volgende elektrische varianten:

Brandstof	Elektrisch
Wacker DPS1850	Wacker AP1850e
Wacker DPS3060	Wacker AP2560e

In onderstaande tabellen worden de selectiecriteria en de bijbehorende waardes weergegeven. In tabel 1 is te zien dat de Wacker AP1850e gelijkwaardig is aan de Wacker DPS1850. De eisen die gesteld zijn bij de selectiecriteria worden gehaald. De Wacker AP1850e is daarom in staat om als vervangend materieelstuk te dienen.

In tabel 2 is te zien dat de Wacker AP2560e aan de gestelde eis van de werkbreedte voldoet. De slagkracht verschilt 5 kN met de Wacker DPS3060. Echter voldoet de Wacker AP2560e met de gestelde eis bij de selectiecriteria. De Wacker AP2560e kan daarom als variant dienen.

Voor de DPU6055B is geen gelijkwaardige elektrisch variant beschikbaar.

Materieelstukken	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat
Merk	Wacker	Wacker Neuson	Wacker Neuson	Wacker Neuson
Type	DPS 1850	AP1850e	AP2560e	AP1840e
Slagkracht (kN)	18	18 kN	25 kN	18 kN
Werkbreedte (mm)	500	500	600	400

Tabel 1 Vergelijking trilplaten

Materieelstukken	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat
Merk	Wacker	Wacker Neuson	Wacker Neuson	Wacker Neuson
Type	DPS 3060	AP1850e	AP2560e	AP1840e
Slagkracht (kN)	30	18 kN	25 kN	18 kN
Werkbreedte (mm)	600	500	600	400

Tabel 2 Vergelijking trilplaten

Materieelstukken	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat	Zandtrilplaat
Merk	Wacker	Wacker Neuson	Wacker Neuson	Wacker Neuson
Type	DPU 6055B	AP1850e	AP2560e	AP1840e
Slagkracht (kN)	60	18 kN	25 kN	18 kN
Werkbreedte (mm)	600	500	600	400

Tabel 3 Vergelijking trilplaten

Sleuvenstampers

Op basis van de selectiecriteria is besloten om de brandstofbenodigde varianten te koppelen aan de volgende elektrische varianten:

Brandstof	Elektrisch
Wacker BS60Y	Wacker AS50e
Wacker BS60Y	Wacker AS60e

In tabel 4 is te zien dat de Wacker AS50e aan de gestelde eis van de werkbreedte voldoet. De slagkracht is bij de elektrische variant hoger. Ook deze gestelde eis wordt voldaan. Gekeken naar het gewicht valt de AS50e binnen de marge van 10%. De Wacker AS50e kan daarom als vervangend materieelstuk dienen voor de Wacker BS60Y.

In tabel 4 is ook te zien dat de Wacker AS60e aan de gestelde eis van de werkbreedte voldoet. De slagkracht is bij de elektrische variant 3.6 kN hoger. Daarmee voldoet de slagkracht aan de gestelde eis. Gekeken naar het gewicht valt de AS60e binnen de marge van 10%. De Wacker AS60e kan daarom als vervangend materieelstuk dienen voor de Wacker BS60Y.

Materieelstukken	Sleuvenstamper	Sleuvenstamper	Sleuvenstamper	Sleuvenstamper
Merk	Wacker	Wacker Neuson	Wacker Neuson	Wacker Neuson
Type	BS60Y	AS30e	AS50e	AS60e
Werkbreedte (mm)	280	280	280	280
Gewicht (kg)	63	32,4	61	61
Slagkracht (kN)	13,4	10	16	17

Tabel 4 Vergelijking sleuvenstampers

Doorslijpers

Op basis van de selectiecriteria is besloten om de brandstofbenodigde varianten te koppelen aan de volgende elektrische varianten:

Brandstof	Elektrisch
Wacker BTS1030L3	Milwaukee MXF-COS350
Husqvarna K760	Milwaukee MXF-COS350
Stihl TS410	Milwaukee MXF-COS350

In onderstaande tabellen zijn de waardes gekoppeld aan de selectiecriteria. In tabel 5 is te zien dat de Milwaukee MXF-COS350 voldoet aan beide selectiecriteria. Het zaagblad is ook groter dan de Wacker BTS1030LTS. Het gewicht valt tevens ook binnen de gestelde norm van 23 kg.

In tabel 6 is te zien dat de Milwaukee MXF-COS350 voldoet aan de gestelde normen bij de selectiecriteria. Het zaagblad voldoet aan de gestelde selectiecriteria en ook het gewicht valt binnen de norm. Ten opzichte van de brandstofbenodigde variant verschilt de elektrische variant alleen qua gewicht. De Milwaukee kan daarom dienen als vervangende variant van de Husqvarna.

In tabel 7 staan de technische specificaties beschreven tussen de Stihl TS410 en de elektrische doorslijper van Milwaukee. Het zaagblad is groter dan dat van de brandstofbenodigde variant. Met een diameter van 350 mm voldoet het daarom aan de selectiecriteria. Qua gewicht geldt ook hier dat de elektrische variant zwaarder is. Echter valt het binnen de gestelde eis.

Materieelstukken	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper
Merk	Wacker	Milwaukee	STIHL	Husqvarna	Makita
Type	BTS 1030 L3	MXF-COS350	TSA 230	K535I	DCE090ZX1
Gewicht (kg)	10	16.7	3.9	3.5	6.4
Zaagblad (mm)	300 mm	350/125	230/70 mm diamant	230/76	2

Tabel 5 Vergelijking doorslijpers

Materieelstukken	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper
Merk	Husqvarna	Milwaukee	STIHL	Husqvarna	Makita
Type	K760	MXF-COS350	TSA 230	K535I	DCE090ZX1
Gewicht (kg)	9.8	16.7	3.9	6.4	16.7
Zaagblad (mm)	350 mm diamant	350/125	230/70 mm diamant	2	350/125

Tabel 6 Vergelijking doorslijpers

Materieelstukken	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper	Doorslijper
Merk	STIHL	Milwaukee	STIHL	Husqvarna	Makita
Type	TS 410	MXF-COS350	TSA 230	K535I	DCE090ZX1
Gewicht (kg)	9.4	16.7	3.9	3.5	6.4
Zaagblad (mm)	300 mm diamant	350/125	230/70 mm diamant	230/76	2

Tabel 7 Vergelijking doorslijpers

Bijlage 11 – Groepen kostenanalyse

	CK	VK	Elektriciteitskosten	
Wacker AP1850e	279	100	196	Groep 1
BP1000 (accu)	150	50		
C48/4 (gewone lader)	37	50		
Wacker AP2560e	473	100	196	Groep 2
BP1000 (accu)	150	50		
C48/4 (gewone lader)	37	50		
Milwaukee MXF-COS350	80	100	36	Groep 3
Accu doorslijper	60	50		
Oplader Accu doorslijper	25	50		
Wacker AS50e	381	100	43	Groep 4
BP1000 (accu)	150	50		
C48/4 (gewone lader)	37	50		
	CK	VK	Brandstof	
Zandtrilplaat 107/1800 KG V	171	500	371	Groep 1
Zandtrilplaat 170/2300 KG V	233	500	371	Groep 2
Doorslijper Stihl/Husqvarna	61	100	217	Groep 3
Wacker Stamper BS60Y	130	275	260	Groep 4

Toelichting

CK = constante kosten bestaande uit de afschrijving

VK = variabele kosten bestaande uit het onderhoud, reparaties en keuringen.

Bijlage 12 – Kosten periode 11 tot en met 15 jaar

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 9,834.55	€ 10,962.00	€ 14,668.00	€ 94,943.18	€ 130,407.73
2	€ 19,669.09	€ 21,924.00	€ 29,336.00	€ 189,886.36	€ 260,815.45
3	€ 29,503.64	€ 32,886.00	€ 44,004.00	€ 284,829.55	€ 391,223.18
4	€ 39,338.18	€ 43,848.00	€ 58,672.00	€ 379,772.73	€ 521,630.91
5	€ 49,172.73	€ 54,810.00	€ 73,340.00	€ 474,715.91	€ 652,038.64
6	€ 59,007.27	€ 65,772.00	€ 88,008.00	€ 569,659.09	€ 782,446.36
7	€ 68,841.82	€ 76,734.00	€ 102,676.00	€ 664,602.27	€ 912,854.09
8	€ 78,676.36	€ 87,696.00	€ 117,344.00	€ 759,545.45	€ 1,043,261.82
9	€ 88,510.91	€ 98,658.00	€ 132,012.00	€ 854,488.64	€ 1,173,669.55
10	€ 98,345.45	€ 109,620.00	€ 146,680.00	€ 949,431.82	€ 1,304,077.27
11	€ 108,180.00	€ 120,582.00	€ 161,348.00	€ 1,044,375.00	€ 1,434,485.00
12	€ 118,014.55	€ 131,544.00	€ 176,016.00	€ 1,139,318.18	€ 1,564,892.73
13	€ 127,849.09	€ 142,506.00	€ 190,684.00	€ 1,234,261.36	€ 1,695,300.45
14	€ 137,683.64	€ 153,468.00	€ 205,352.00	€ 1,329,204.55	€ 1,825,708.18
15	€ 147,518.18	€ 164,430.00	€ 220,020.00	€ 1,424,147.73	€ 1,956,115.91

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 12,508.80	€ 12,147.67	€ 14,351.33	€ 83,125.00	€ 122,132.80
2	€ 25,017.60	€ 24,295.33	€ 28,702.67	€ 166,250.00	€ 244,265.60
3	€ 37,526.40	€ 36,443.00	€ 43,054.00	€ 249,375.00	€ 366,398.40
4	€ 50,035.20	€ 48,590.67	€ 57,405.33	€ 332,500.00	€ 488,531.20
5	€ 62,544.00	€ 60,738.33	€ 71,756.67	€ 415,625.00	€ 610,664.00
6	€ 75,052.80	€ 72,886.00	€ 86,108.00	€ 498,750.00	€ 732,796.80
7	€ 87,561.60	€ 85,033.67	€ 100,459.33	€ 581,875.00	€ 854,929.60
8	€ 100,070.40	€ 97,181.33	€ 114,810.67	€ 665,000.00	€ 977,062.40
9	€ 112,579.20	€ 109,329.00	€ 129,162.00	€ 748,125.00	€ 1,099,195.20
10	€ 125,088.00	€ 121,476.67	€ 143,513.33	€ 831,250.00	€ 1,221,328.00
11	€ 137,596.80	€ 133,624.33	€ 157,864.67	€ 914,375.00	€ 1,343,460.80
12	€ 150,105.60	€ 145,772.00	€ 172,216.00	€ 997,500.00	€ 1,465,593.60
13	€ 162,614.40	€ 157,919.67	€ 186,567.33	€ 1,080,625.00	€ 1,587,726.40
14	€ 175,123.20	€ 170,067.33	€ 200,918.67	€ 1,163,750.00	€ 1,709,859.20
15	€ 187,632.00	€ 182,215.00	€ 215,270.00	€ 1,246,875.00	€ 1,831,992.00
Vershil na 15 jaar	€ 40,113.82	€ 17,785.00	€ -4,750.00	€ -177,272.73	€ -124,123.91

Figuur 1 Kosten bij een levensduur van 11 jaar

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 9,411.00	€ 10,411.50	€ 14,193.00	€ 89,562.50	€ 123,578.00
2	€ 18,822.00	€ 20,823.00	€ 28,386.00	€ 179,125.00	€ 247,156.00
3	€ 28,233.00	€ 31,234.50	€ 42,579.00	€ 268,687.50	€ 370,734.00
4	€ 37,644.00	€ 41,646.00	€ 56,772.00	€ 358,250.00	€ 494,312.00
5	€ 47,055.00	€ 52,057.50	€ 70,965.00	€ 447,812.50	€ 617,890.00
6	€ 56,466.00	€ 62,469.00	€ 85,158.00	€ 537,375.00	€ 741,468.00
7	€ 65,877.00	€ 72,880.50	€ 99,351.00	€ 626,937.50	€ 865,046.00
8	€ 75,288.00	€ 83,292.00	€ 113,544.00	€ 716,500.00	€ 988,624.00
9	€ 84,699.00	€ 93,703.50	€ 127,737.00	€ 806,062.50	€ 1,112,202.00
10	€ 94,110.00	€ 104,115.00	€ 141,930.00	€ 895,625.00	€ 1,235,780.00
11	€ 103,521.00	€ 114,526.50	€ 156,123.00	€ 985,187.50	€ 1,359,358.00
12	€ 112,932.00	€ 124,938.00	€ 170,316.00	€ 1,074,750.00	€ 1,482,936.00
13	€ 122,343.00	€ 135,349.50	€ 184,509.00	€ 1,164,312.50	€ 1,606,514.00
14	€ 131,754.00	€ 145,761.00	€ 198,702.00	€ 1,253,875.00	€ 1,730,092.00
15	€ 141,165.00	€ 156,172.50	€ 212,895.00	€ 1,343,437.50	€ 1,853,670.00

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 12,508.80	€ 12,147.67	€ 14,351.33	€ 83,125.00	€ 122,132.80
2	€ 25,017.60	€ 24,295.33	€ 28,702.67	€ 166,250.00	€ 244,265.60
3	€ 37,526.40	€ 36,443.00	€ 43,054.00	€ 249,375.00	€ 366,398.40
4	€ 50,035.20	€ 48,590.67	€ 57,405.33	€ 332,500.00	€ 488,531.20
5	€ 62,544.00	€ 60,738.33	€ 71,756.67	€ 415,625.00	€ 610,664.00
6	€ 75,052.80	€ 72,886.00	€ 86,108.00	€ 498,750.00	€ 732,796.80
7	€ 87,561.60	€ 85,033.67	€ 100,459.33	€ 581,875.00	€ 854,929.60
8	€ 100,070.40	€ 97,181.33	€ 114,810.67	€ 665,000.00	€ 977,062.40
9	€ 112,579.20	€ 109,329.00	€ 129,162.00	€ 748,125.00	€ 1,099,195.20
10	€ 125,088.00	€ 121,476.67	€ 143,513.33	€ 831,250.00	€ 1,221,328.00
11	€ 137,596.80	€ 133,624.33	€ 157,864.67	€ 914,375.00	€ 1,343,460.80
12	€ 150,105.60	€ 145,772.00	€ 172,216.00	€ 997,500.00	€ 1,465,593.60
13	€ 162,614.40	€ 157,919.67	€ 186,567.33	€ 1,080,625.00	€ 1,587,726.40
14	€ 175,123.20	€ 170,067.33	€ 200,918.67	€ 1,163,750.00	€ 1,709,859.20
15	€ 187,632.00	€ 182,215.00	€ 215,270.00	€ 1,246,875.00	€ 1,831,992.00
Vershil na 15 jaar	€ 46,467.00	€ 26,042.50	€ 2,375.00	€ -96,562.50	€ -21,678.00

Figuur 2 Kosten bij levensduur 12 jaar

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 9,052.62	€ 9,945.69	€ 13,791.08	€ 85,009.62	€ 117,799.00
2	€ 18,105.23	€ 19,891.38	€ 27,582.15	€ 170,019.23	€ 235,598.00
3	€ 27,157.85	€ 29,837.08	€ 41,373.23	€ 255,028.85	€ 353,397.00
4	€ 36,210.46	€ 39,782.77	€ 55,164.31	€ 340,038.46	€ 471,196.00
5	€ 45,263.08	€ 49,728.46	€ 68,955.38	€ 425,048.08	€ 588,995.00
6	€ 54,315.69	€ 59,674.15	€ 82,746.46	€ 510,057.69	€ 706,794.00
7	€ 63,368.31	€ 69,619.85	€ 96,537.54	€ 595,067.31	€ 824,593.00
8	€ 72,420.92	€ 79,565.54	€ 110,328.62	€ 680,076.92	€ 942,392.00
9	€ 81,473.54	€ 89,511.23	€ 124,119.69	€ 765,086.54	€ 1,060,191.00
10	€ 90,526.15	€ 99,456.92	€ 137,910.77	€ 850,096.15	€ 1,177,990.00
11	€ 99,578.77	€ 109,402.62	€ 151,701.85	€ 935,105.77	€ 1,295,789.00
12	€ 108,631.38	€ 119,348.31	€ 165,492.92	€ 1,020,115.38	€ 1,413,588.00
13	€ 117,684.00	€ 129,294.00	€ 179,284.00	€ 1,105,125.00	€ 1,531,387.00
14	€ 126,736.62	€ 139,239.69	€ 193,075.08	€ 1,190,134.62	€ 1,649,186.00
15	€ 135,789.23	€ 149,185.38	€ 206,866.15	€ 1,275,144.23	€ 1,766,985.00

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 12,508.80	€ 12,147.67	€ 14,351.33	€ 83,125.00	€ 122,132.80
2	€ 25,017.60	€ 24,295.33	€ 28,702.67	€ 166,250.00	€ 244,265.60
3	€ 37,526.40	€ 36,443.00	€ 43,054.00	€ 249,375.00	€ 366,398.40
4	€ 50,035.20	€ 48,590.67	€ 57,405.33	€ 332,500.00	€ 488,531.20
5	€ 62,544.00	€ 60,738.33	€ 71,756.67	€ 415,625.00	€ 610,664.00
6	€ 75,052.80	€ 72,886.00	€ 86,108.00	€ 498,750.00	€ 732,796.80
7	€ 87,561.60	€ 85,033.67	€ 100,459.33	€ 581,875.00	€ 854,929.60
8	€ 100,070.40	€ 97,181.33	€ 114,810.67	€ 665,000.00	€ 977,062.40
9	€ 112,579.20	€ 109,329.00	€ 129,162.00	€ 748,125.00	€ 1,099,195.20
10	€ 125,088.00	€ 121,476.67	€ 143,513.33	€ 831,250.00	€ 1,221,328.00
11	€ 137,596.80	€ 133,624.33	€ 157,864.67	€ 914,375.00	€ 1,343,460.80
12	€ 150,105.60	€ 145,772.00	€ 172,216.00	€ 997,500.00	€ 1,465,593.60
13	€ 162,614.40	€ 157,919.67	€ 186,567.33	€ 1,080,625.00	€ 1,587,726.40
14	€ 175,123.20	€ 170,067.33	€ 200,918.67	€ 1,163,750.00	€ 1,709,859.20
15	€ 187,632.00	€ 182,215.00	€ 215,270.00	€ 1,246,875.00	€ 1,831,992.00
Vershil na 15 jaar	€ 51,842.77	€ 33,029.62	€ 8,403.85	€ -28,269.23	€ 65,007.00

Figuur 3 Kosten bij levensduur 13 jaar

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 8,745.43	€ 9,546.43	€ 13,446.57	€ 81,107.14	€ 112,845.57
2	€ 17,490.86	€ 19,092.86	€ 26,893.14	€ 162,214.29	€ 225,691.14
3	€ 26,236.29	€ 28,639.29	€ 40,339.71	€ 243,321.43	€ 338,536.71
4	€ 34,981.71	€ 38,185.71	€ 53,786.29	€ 324,428.57	€ 451,382.29
5	€ 43,727.14	€ 47,732.14	€ 67,232.86	€ 405,535.71	€ 564,227.86
6	€ 52,472.57	€ 57,278.57	€ 80,679.43	€ 486,642.86	€ 677,073.43
7	€ 61,218.00	€ 66,825.00	€ 94,126.00	€ 567,750.00	€ 789,919.00
8	€ 69,963.43	€ 76,371.43	€ 107,572.57	€ 648,857.14	€ 902,764.57
9	€ 78,708.86	€ 85,917.86	€ 121,019.14	€ 729,964.29	€ 1,015,610.14
10	€ 87,454.29	€ 95,464.29	€ 134,465.71	€ 811,071.43	€ 1,128,455.71
11	€ 96,199.71	€ 105,010.71	€ 147,912.29	€ 892,178.57	€ 1,241,301.29
12	€ 104,945.14	€ 114,557.14	€ 161,358.86	€ 973,285.71	€ 1,354,146.86
13	€ 113,690.57	€ 124,103.57	€ 174,805.43	€ 1,054,392.86	€ 1,466,992.43
14	€ 122,436.00	€ 133,650.00	€ 188,252.00	€ 1,135,500.00	€ 1,579,838.00
15	€ 131,181.43	€ 143,196.43	€ 201,698.57	€ 1,216,607.14	€ 1,692,683.57

Jaren	Groep 1 12 stuks	Groep 2 11 stuks	Groep 3 38 stuks	Groep 4 125 stuks	Totale kosten 186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 12,508.80	€ 12,147.67	€ 14,351.33	€ 83,125.00	€ 122,132.80
2	€ 25,017.60	€ 24,295.33	€ 28,702.67	€ 166,250.00	€ 244,265.60
3	€ 37,526.40	€ 36,443.00	€ 43,054.00	€ 249,375.00	€ 366,398.40
4	€ 50,035.20	€ 48,590.67	€ 57,405.33	€ 332,500.00	€ 488,531.20
5	€ 62,544.00	€ 60,738.33	€ 71,756.67	€ 415,625.00	€ 610,664.00
6	€ 75,052.80	€ 72,886.00	€ 86,108.00	€ 498,750.00	€ 732,796.80
7	€ 87,561.60	€ 85,033.67	€ 100,459.33	€ 581,875.00	€ 854,929.60
8	€ 100,070.40	€ 97,181.33	€ 114,810.67	€ 665,000.00	€ 977,062.40
9	€ 112,579.20	€ 109,329.00	€ 129,162.00	€ 748,125.00	€ 1,099,195.20
10	€ 125,088.00	€ 121,476.67	€ 143,513.33	€ 831,250.00	€ 1,221,328.00
11	€ 137,596.80	€ 133,624.33	€ 157,864.67	€ 914,375.00	€ 1,343,460.80
12	€ 150,105.60	€ 145,772.00	€ 172,216.00	€ 997,500.00	€ 1,465,593.60
13	€ 162,614.40	€ 157,919.67	€ 186,567.33	€ 1,080,625.00	€ 1,587,726.40
14	€ 175,123.20	€ 170,067.33	€ 200,918.67	€ 1,163,750.00	€ 1,709,859.20
15	€ 187,632.00	€ 182,215.00	€ 215,270.00	€ 1,246,875.00	€ 1,831,992.00
Vershil na 15 jaar	€ 56,450.57	€ 39,018.57	€ 13,571.43	€ 30,267.86	€ 139,308.43

Figuur 4 Kosten bij levensduur 14 jaar

	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4	Totale kosten
Jaren	12 stuks	11 stuks	38 stuks	125 stuks	186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 8,479.20	€ 9,200.40	€ 13,148.00	€ 77,725.00	€ 108,552.60
2	€ 16,958.40	€ 18,400.80	€ 26,296.00	€ 155,450.00	€ 217,105.20
3	€ 25,437.60	€ 27,601.20	€ 39,444.00	€ 233,175.00	€ 325,657.80
4	€ 33,916.80	€ 36,801.60	€ 52,592.00	€ 310,900.00	€ 434,210.40
5	€ 42,396.00	€ 46,002.00	€ 65,740.00	€ 388,625.00	€ 542,763.00
6	€ 50,875.20	€ 55,202.40	€ 78,888.00	€ 466,350.00	€ 651,315.60
7	€ 59,354.40	€ 64,402.80	€ 92,036.00	€ 544,075.00	€ 759,868.20
8	€ 67,833.60	€ 73,603.20	€ 105,184.00	€ 621,800.00	€ 868,420.80
9	€ 76,312.80	€ 82,803.60	€ 118,332.00	€ 699,525.00	€ 976,973.40
10	€ 84,792.00	€ 92,004.00	€ 131,480.00	€ 777,250.00	€ 1,085,526.00
11	€ 93,271.20	€ 101,204.40	€ 144,628.00	€ 854,975.00	€ 1,194,078.60
12	€ 101,750.40	€ 110,404.80	€ 157,776.00	€ 932,700.00	€ 1,302,631.20
13	€ 110,229.60	€ 119,605.20	€ 170,924.00	€ 1,010,425.00	€ 1,411,183.80
14	€ 118,708.80	€ 128,805.60	€ 184,072.00	€ 1,088,150.00	€ 1,519,736.40
15	€ 127,188.00	€ 138,006.00	€ 197,220.00	€ 1,165,875.00	€ 1,628,289.00

	Groep 1	Groep 2	Groep 3	Groep 4	Totale kosten
Jaren	12 stuks	11 stuks	38 stuks	125 stuks	186 stuks
0	0	0	0	0	0
1	€ 12,508.80	€ 12,147.67	€ 14,351.33	€ 83,125.00	€ 122,132.80
2	€ 25,017.60	€ 24,295.33	€ 28,702.67	€ 166,250.00	€ 244,265.60
3	€ 37,526.40	€ 36,443.00	€ 43,054.00	€ 249,375.00	€ 366,398.40
4	€ 50,035.20	€ 48,590.67	€ 57,405.33	€ 332,500.00	€ 488,531.20
5	€ 62,544.00	€ 60,738.33	€ 71,756.67	€ 415,625.00	€ 610,664.00
6	€ 75,052.80	€ 72,886.00	€ 86,108.00	€ 498,750.00	€ 732,796.80
7	€ 87,561.60	€ 85,033.67	€ 100,459.33	€ 581,875.00	€ 854,929.60
8	€ 100,070.40	€ 97,181.33	€ 114,810.67	€ 665,000.00	€ 977,062.40
9	€ 112,579.20	€ 109,329.00	€ 129,162.00	€ 748,125.00	€ 1,099,195.20
10	€ 125,088.00	€ 121,476.67	€ 143,513.33	€ 831,250.00	€ 1,221,328.00
11	€ 137,596.80	€ 133,624.33	€ 157,864.67	€ 914,375.00	€ 1,343,460.80
12	€ 150,105.60	€ 145,772.00	€ 172,216.00	€ 997,500.00	€ 1,465,593.60
13	€ 162,614.40	€ 157,919.67	€ 186,567.33	€ 1,080,625.00	€ 1,587,726.40
14	€ 175,123.20	€ 170,067.33	€ 200,918.67	€ 1,163,750.00	€ 1,709,859.20
15	€ 187,632.00	€ 182,215.00	€ 215,270.00	€ 1,246,875.00	€ 1,831,992.00
Verschil na 15 jaar	€ 60,444.00	€ 44,209.00	€ 18,050.00	€ 81,000.00	€ 203,703.00

Figuur 9 Kosten bij levensduur 15 jaar

Bijlage 13 – Maatregelen voor opslag accu's

(Bron: Veiligheidsregio Rotterdam Rijnmond. (2019). 201901-VRH-VRR-LIOGS-Handreiking-opslag-Li-on-energiedragers. <https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/201901-VRH-VRR-LIOGS-Handreiking-opslag-Li-on-energiedragers.pdf>)

5. Maatregelen voor opslag

5.1 Uitgangspunt

Uitgangspunt voor de adviezen in deze handreiking zijn de voorschriften uit PGS 15 (opslag verpakte gevaarlijke stoffen).

5.2. Bouwkundige voorzieningen

In geval van een thermal runaway zal de lithium-ion energiedragers tot ontbranding komen. De enige maatregel hiertegen is koeling. Het zal veelal de brandweer zijn die kan koelen in deze situatie. Om deze reden gaat de voorkeur uit naar een buitenopslag en moet de locatie goed bereikbaar zijn.

Een opslagvoorziening is een brandcompartiment met een oppervlakte van maximaal 1000 m². (PGS 15)

De Weerstand tegen Branddoorslag en brandoverslag (WBDBO) tussen een opslagvoorziening en een andere besloten ruimte moet ten minste 60 min bedragen in beide richtingen. Deuren, ventilatieopeningen, leidingdoorvoeren of rookluiken in deze constructie mogen geen afbreuk doen aan de vereiste WBDBO.

Voor een uitpandige opslag geldt dat de WBDBO van 60 min ook behaald kan worden met afstand:

1. indien de afstand van de opslagvoorziening tot de inrichtingsgrens, een ander bouwwerk dat tot de inrichting behoort, of andere brandbare objecten, minder dan 5 m bedraagt, moet de brandwerendheid van de wanden, het dak en de draagconstructie van de opslagvoorziening ten minste 60 min bedragen. Deuren, ventilatieopeningen, leidingdoorvoeren of rookluiken in deze constructie mogen geen afbreuk doen aan de vereiste brandwerendheid;
2. indien de afstand van de opslagvoorziening tot de inrichtingsgrens, een ander bouwwerk dat tot de inrichting behoort, of andere brandbare objecten, ten minste 5 m bedraagt, moet de brandwerendheid van de wanden, het dak en de draagconstructie van de opslagvoorziening ten minste 30 min bedragen. Deuren, ventilatieopeningen, leidingdoorvoeren of rookluiken in deze constructie mogen geen afbreuk doen aan de vereiste brandwerendheid;
3. indien de afstand van de opslagvoorziening tot de inrichtingsgrens, een ander bouwwerk dat tot de inrichting behoort, of andere brandbare objecten, ten minste 10 m bedraagt is ten aanzien van de brandwerendheid van de wanden, het dak en de draagconstructie geen eis van toepassing.

Om branduitbreiding als gevolg van rocketeren van lithium-ion energiedragers te voorkomen kan de opslaglocatie van lithium-ion energiedragers worden afgescheiden d.m.v. fijnmazig kippengaas.

Binnen deze afstanden vinden geen opslag van brandbare stoffen dan wel brandgevaarlijke activiteiten (m.u.v. laad- en losactiviteiten) plaats. Dit geldt voor een opslagvoorziening op een plaats waar een brand kan worden veroorzaakt of waarlangs een brand zich kan verspreiden naar de opslagvoorziening.

Van een inpandige opslagvoorziening moet ten minste één wand een buitenmuur zijn waarin zich ten minste één deur bevindt.

Een toegangsdeur tot een betreedbare opslagvoorziening moet van binnenuit zonder sleutel kunnen worden geopend.

Een opslagvoorziening moet ten minste twee vluchtroutes hebben, die zoveel als mogelijk in tegenoverstelde zijden zijn gesitueerd. Indien in een opslagvoorziening de afstand van het verst gelegen punt tot de deur minder dan 15 m bedraagt, kan met één deur worden volstaan. Deuren in deze vluchtroute draaien niet tegen de vluchtrichting in. Een nooddeur kan geen schuifdeur zijn.

Een betreedbare opslagvoorziening (niet zijnde een kluis) moet zijn voorzien van adequate noodverlichting en vluchtrouteaanduiding, uitgevoerd overeenkomstig het Bouwbesluit. Indien lithium-ion energiedragers in pandig worden opgeslagen moet ten minste één wand van de opslagvoorziening een buitenmuur zijn waarin zich ten minste één deur bevindt.

Het terrein van de inrichting moet via twee zover mogelijk uit elkaar gelegen ingangen altijd toegankelijk zijn voor hulpverlenende diensten. De minimale breedte van de toegangswegen moet 3,5 m zijn.

Binnen een opslagvoorziening moeten bodem beschermende voorzieningen en maatregelen zijn getroffen die leiden tot een verwaarloosbaar bodemrisico conform de Nederlandse richtlijn bodembescherming bedrijfsmatige activiteiten (NRB). In de vloer van een opslagvoorziening mogen zich geen openingen bevinden die in directe verbinding staan of kunnen worden gebracht met de openbare riolering of met het oppervlaktewater.

Lithium-ion energiedragers mogen niet worden opgeslagen in tijdelijke opslagvoorzieningen bedoeld als opslag om op transport te gaan, tenzij een gelijkwaardig beschermingsniveau t.o.v. is gegarandeerd.

5.3 Brandveiligheidsopslagkasten

Lithium-ion energiedragers kunnen worden opgeslagen in brandveiligheidsopslagkasten.

Een brandveiligheidsopslagkast, waarvan het eerste gebruik heeft plaatsgevonden na 1 januari 2006, moet aan NEN-EN-14470-1 voldoen. Een brandveiligheidsopslagkast waarvan het eerste gebruik dateert van vóór die datum moet ten minste voldoen aan NEN 2678.

Binnen de inrichting moet een productcertificaat aanwezig zijn voor de brandveiligheidsopslagkast (waarvan het eerste gebruik heeft plaatsgevonden na 1 januari 2006), waaruit blijkt dat deze voldoet aan de NEN-EN-14470-1.

5.4 Verpakking

Het stapelen van pallets die (verpakte) lithium-ion energiedragers bevatten is, anders dan in stellingen, niet toegestaan.

Lithium-ion energiedragers mogen uitsluitend in de originele verpakking aanwezig zijn, tenzij de verpakking is aangebroken voor gebruik.

Nieuwe maar zichtbaar beschadigde lithium-ion energiedragers moeten binnen 24 uur worden geplaatst in een verpakking conform ADR. Deze verpakking moet buiten zijn gesitueerd. De lithium-ion energiedragers dient binnen drie dagen te worden opgehaald door een VIHB (Vervoer Inzamelen

Handelen en Bemiddelen) gecertificeerd bedrijf.

https://www.niwo.nl/pagina/112/aanvragen/afvalstoffen/vihb_registratie.html

Binnen de inrichting dient een vloeistofdichte opvangbak aanwezig te zijn die ten minste de lading van een europallet kan opvangen. Deze opvangbak moet gevuld kunnen worden met water.

5.5. Installatietechnische voorzieningen

Een opslagvoorziening is voorzien van een brandmeldinstallatie conform NEN 2535 met doormelding naar een particuliere alarmcentrale.

5.6. Organisatorische maatregelen

Per opslagvoorziening met meer dan 2500 kilo moet een representatief journaal aanwezig zijn. Dit journaal moet de hulpverlenende diensten een beeld geven van de te verwachten gevaren als gevolg van de opgeslagen stoffen. Dit journaal moet direct toegankelijk zijn. Het journaal moet ten minste de volgende onderdelen bevatten:

1. de juiste vervoersnaam, aangevuld met, zover van toepassing, de technische benaming (zie 3.1.2 ADR/IMDG-code) en de ADR-klasse van de stof zoals vermeld in het ADR of de IMDG-code;
2. de hoeveelheid lithium-ion energiedragers;
4. Het UN-nummer van de stof
5. een instructie met de namen en telefoonnummers van personen met wie hulpverlenende diensten in het geval van een calamiteit contact kunnen opnemen. Het journaal moet tevens een actuele tekening bevatten waarop het volgende is aangegeven:
 - De plattegrond van de inrichting voorzien van:
 - De plaats van de gebouwen en de te onderscheiden activiteiten;
 - De plaats waar de lithium-ion energiedragers zijn opgeslagen;
 - Een noordpijl.

In het journaal kan voor de niet-gevaarlijke stoffen volstaan worden met de aanduiding van de totale hoeveelheid koopmansgoederen per opslagvoorziening.

Indien in de inrichting meer dan 2500 kg lithium-ion energiedragers wordt opgeslagen, moet in de inrichting een actueel intern noodplan aanwezig zijn. In het noodplan zijn de getroffen organisatorische en technische maatregelen ter bestrijding van ongeval of incident omschreven. In het noodplan moeten onder andere de mogelijke scenario's met gevaarlijke stoffen en een lijst met telefoonnummers opgenomen zijn voor gebruik bij incidenten. Regelmatig, en ten minste eenmaal per drie jaar moet het intern noodplan worden geëvalueerd, beproefd en zo nodig gewijzigd. Bij de evaluatie wordt rekening gehouden met veranderingen die zich in de inrichting hebben voorgedaan, en met nieuwe kennis en inzichten.

Indien in een opslagvoorziening gevaar voor de veiligheid of de gezondheid van een werknemer aanwezig is of kan ontstaan, moeten voor werknemers persoonlijke beschermingsmiddelen in voldoende aantal beschikbaar zijn. Persoonlijke beschermingsmiddelen moeten worden onderhouden, gerepareerd en schoon zijn voor gebruik.

Conform de Arbeidsomstandighedenwet en het Arbeidsomstandighedenbesluit moet elke organisatie beschikken over een deskundige bedrijfshulpverleningsorganisatie. Dit houdt minimaal in:

- a) het verlenen van eerste hulp bij ongevallen;
- b) het beperken en het bestrijden van brand en het voorkomen en beperken van ongevallen;
- c) het in noodsituaties alarmeren en evacueren van alle werknemers en andere personen in het bedrijf of de inrichting;
- d) de bedrijfshulpverleners beschikken over een zodanige deskundigheid, ervaring en uitrusting en zijn zodanig in aantal en zodanig georganiseerd, dat zij de voornoemde taken naar behoren kunnen vervullen.

Op de etiketten van de in een opslagvoorziening aanwezige lithium-ion energiedragers moeten de gevaar aspecten duidelijk tot uiting komen.

Binnen een opslagvoorziening en tevens binnen een afstand van 2 m van de opslagvoorziening mag niet worden gerookt en mag geen open vuur aanwezig zijn. Dit verbod moet duidelijk worden gemaakt met een pictogram overeenkomstig NENEN- ISO 7010 en NEN 3011.

Aan de buitenzijde van een opslagvoorziening, nabij de toegangsdeur(en), moeten op duidelijk zichtbare plaatsen waarschuwingsborden worden geplaatst, die het gevaar van de opgeslagen lithium-ion energiedragers. De desbetreffende gevaarsymbolen zijn aangebracht conform het ADR of de Europese CLP-verordening over de indeling, etikettering en verpakking van chemische stoffen en mengsels, EG 1272/2008 (Classification, Labelling and Packaging: CLP).

5.7 Bereikbaarheid en bluswatervoorzieningen

Binnen de inrichting en/of binnen 40 meter vanaf de ingang van het gebouw waarin de opslagvoorziening is gesitueerd dienen minimaal twee brandkranen aanwezig te zijn. Deze brandkranen dienen zo ver mogelijk uit elkaar gelegen te zijn. Hierbij gelden de volgende voorschriften:

- 1. de waterlevering per brandkraan moet continu zijn verzekerd tot een waterlevering van ten minste 2000 liter per minuut bij gebruik van twee brandkranen;
- 2. een brandkraan moet altijd vrij gehouden worden.

Brandkranen moeten elke drie jaar door een deskundige worden gecontroleerd op de vereiste waterdruk en wateropbrengst. De meetmethode hiervoor moet in overleg met de veiligheidsregio worden vastgesteld. In een rapport wordt verslag gedaan van de resultaten en bijzonderheden van de meting. Dit rapport moet in de inrichting ter inzage liggen. Daarnaast moeten de brandkranen en de ondergrondse leidingen tweemaal per jaar worden doorgespoeld.

Ondergrondse brandkranen moeten voldoen aan NEN-EN 14339. Bovengrondse brandkranen die na 1 maart 2008 zijn geïnstalleerd moeten voldoen aan NEN-EN 14384:2005. Bovengrondse brandkranen die zijn geïnstalleerd vóór deze datum moeten voldoen aan DIN 3222 of NEN-EN 14384:2005.

Indien verontreinigd bluswater is terechtgekomen in het oppervlaktewater moet het bevoegd gezag direct worden geïnformeerd door de eigenaar.