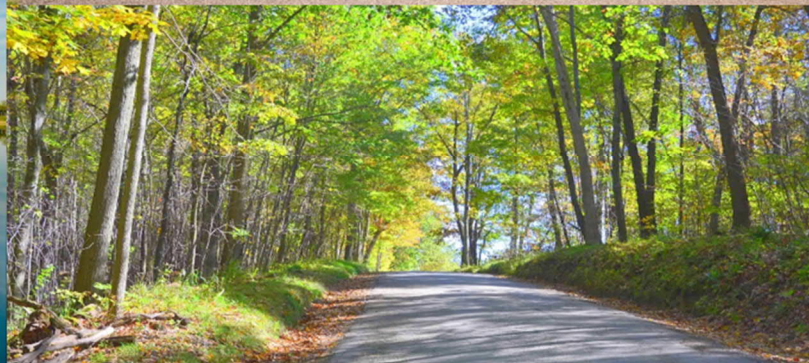
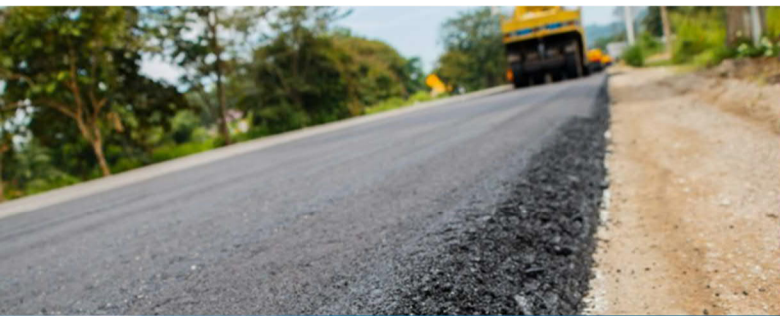


Variantenstudie Circulaire infrastructuur ten behoeve van het Waterpark Veerse Meer



Rapport

Projectnummer: 373445

Referentienummer: SWNL0266663

Datum: 30-09-2020

Onderzoek variantenstudie Circulaire infrastructuur Waterpark Veerse Meer

Definitief

Opdrachtgever:
HVV Property BV / Driestar BV
Jonckerweg 19
2201 DZ NOORDWIJK

Verantwoording

Titel	Onderzoek variantenstudie Circulaire infrastructuur Waterpark Veerse Meer
Projectnummer	373445
Referentienummer	SWNL0266663
Revisie	D01
Datum	30-09-2020
Auteur	Femke Tiegelaar, Jaap van der Loo
E-mailadres	femke.tiegelaar@sweco.nl jaap.vanderloo@sweco.nl
Gecontroleerd door	Richard Koops
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Pim van der Zon
Paraaf goedgekeurd	

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Algemeen.....	7
1.2	Aanpak.....	7
1.3	Leeswijzer	8
2	Uitgangspunten (stap 0)	9
2.1	Randvoorwaarden	9
2.2	Uitwerking van variant 0: standaardprofielen	10
2.2.1	Rijbaan met vrachtverkeer	10
2.2.2	Rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel	11
2.2.3	Parkeerterreinen voor personenvervoer.....	11
2.2.4	Fiets- en voetpaden	12
3	Rethink & Reduce (stap 1)	13
3.1	Rethink & Reduce: Optimaliseren van standaardprofielen	13
3.2	Profiel: rijbaan met vrachtverkeer.....	13
3.3	Profiel: rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel	14
3.4	Profiel: parkeerterreinen voor personenvervoer	15
3.5	Profiel: fiets- en voetpaden.....	16
4	Reuse & Recycle (stap 2).....	17
4.1	Reuse en Recycle, hergebruiken wat we al hebben	17
4.2	Beschikbare materialen	17
4.2.1	Bestaande verhardingslagen	17
4.2.2	Losse deellocaties	18
4.3	Hergebruik in verhardingslagen.....	18
4.3.1	Asfalt.....	18
4.3.2	Overige materialen.....	18
4.3.3	Variant 1A	19
4.4	Hergebruik in funderingslagen.....	19
4.4.1	(On)gebonden slakken.....	19
4.4.2	Ongebonden steenmengsel	19
4.4.3	Asfaltgranulaat	20
4.4.4	Variant 1B	20
5	Longlist & Circulaire Alternatieven (stap 3).....	21
5.1	Longlist	22
5.2	Beoordeling Longlist (stap 4).....	22
5.2.1	Criterium 1: Mate van circulariteit.....	22
5.2.2	Criterium 2: Betrouwbaarheid	22

5.2.3	Criterium 3: Uitstraling.....	23
5.3	Beoordelingsstelsysteem	23
5.4	Classificatie Funderingsproducten longlist	24
5.4.1	Selectie van circulaire funderingsalternatieven longlist.....	24
5.4.2	Variant 2A (funderingslaag): product op basis van secundaire grondstoffen	24
5.4.3	Variant 2B (funderingslaag): product op basis van nuttige toepassing reststroom.....	24
5.5	Classificatie Verhardingsproducten longlist.....	24
5.5.1	Materiaalsoort	25
5.5.2	Selectie van circulaire verhardingsalternatieven longlist.....	25
5.6	Variant 2C (verhardingslaag): Biobased asfalt.....	25
5.6.1	Variant 2D (verhardingslaag): halfverharding met natuurlijk materiaal.....	26
5.6.2	Variant 2E (verhardingslaag): beton op basis van hergebruik en biobased toeslagstoffen	26
5.6.3	Variant 2F (verhardingslaag): beton op basis van hergebruik en verminderen primair cement	26
6	Uitwerking circulaire varianten (stap 5)	27
6.1	Afweging van varianten	27
6.1.1	Variant 0A: standaard opbouw verhardingslaag	28
6.1.2	Variant 0B: standaard opbouw funderingslaag	29
6.1.3	Variant 1A: maximaal hergebruik vrijkomende materialen verhardingslaag.....	29
6.1.4	Variant 1B: maximaal hergebruik van vrijkomende materialen in funderingsconstructie.....	30
6.1.5	Variant 2A: product op basis van secundaire grondstoffen	31
6.1.6	Variant 2B: product op basis van nuttige toepassing reststroom	32
6.1.7	Variant 2C: asfalt verharding op basis van biobased bindmiddel.....	32
6.1.8	Variant 2D: halfverharding op basis van natuurlijke materialen	33
6.1.9	Variant 2E: beton op basis van hergebruik en biobased toeslagstoffen.....	34
6.1.10	Variant 2F: beton op basis van hergebruik en minder primair cement	35
6.2	Eindafweging varianten	36
7	Advies (Stap 6).....	38
7.1	Circulair advies verhardinglaag	38
7.2	Circulair advies funderingslaag	38
7.3	Circulair advies per maatgevend profiel	39
7.3.1	Advies opbouw profiel Rijbaan met vrachtverkeer	39
7.3.2	Advies opbouw profiel Rijbaan met autoverkeer (inclusief rijbaan parkeerterreinen)	39
7.3.3	Advies opbouw profiel Parkeervakken	39
7.3.4	Advies opbouw profiel Fiets-/voetpaden	39

Bijlage 1	Longlist circulaire producten
Bijlage 2	Overzicht materialen losse deellocaties
Bijlage 3	Activiteiten per fasen ten behoeve van MKI-berekening
Bijlage 4	OIA-berekening Profielen

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Sweco is in opdracht van HVV Property BV gevraagd een variantenstudie op te stellen voor het realiseren van een circulaire infrastructuur ter hoogte van het Waterpark Veerse Meer. Het doel van het onderzoek is te komen tot een circulaire en robuuste infrastructuur die tevens voldoet aan de beoogde luxe standaard van het park. Het onderzoek focust zich op de verhardingslaag en de onderliggende constructie.

Door middel van het toepassen van circulaire principes en het onderzoeken van circulaire alternatieven wordt vorm gegeven aan dit onderzoek. Een eerste grove verfijning in het aantal potentiële alternatieven wordt gemaakt met behulp van een beoordeling op basis van drie aspecten:

- mate van circulariteit;
- bewezen technieken (aantal jaren in gebruik op de markt);
- uitstraling (vergelijkbare kwaliteit dan standaard alternatief of mindere uitstraling dan standaard).

De beoordeling van alternatieven resulteert in acht alternatieven welke toegepast kunnen worden binnen het Waterpark Veerse Meer. Om de opdrachtgever van een advies te kunnen voorzien, worden deze varianten tegen elkaar afgewogen op basis van een aantal aspecten, zoals: verhouding primair – secundair, MKI-score, levenscycluskosten, mate van hoogwaardig hergebruik na einde levensduur, risico inschatting op kwaliteitsvermindering en onderhoudaspecten over de totale levensduur. Hierdoor wordt een onderbouwd advies gegeven voor de voorkeursalternatieven (fundering en verharding) voor het Waterpark Veerse meer.

1.2 Aanpak

Het onderzoek gaat uit van een standaard variant (variant 0). De standaardvariant beschrijft de meest voor de hand liggende situatie en is vastgesteld in samenspraak met de opdrachtgever tijdens de PSU (zie hoofdstuk 2). De daadwerkelijke profielen voor het nieuwe Waterpark Veerse Meer zijn nog niet bekend. Tijdens de PSU zijn voorlopige keuzes gemaakt voor de profielen om dit onderzoek verder vorm te kunnen geven.

Bij het toewerken naar een circulaire infrastructuur wordt vanuit twee denkrichtingen gekeken. De eerste denkrichting is een optimalisatie van de standaardvariant. Dit gebeurt door vier circulaire principes toe te passen. Bij de principes Rethink en Reduce wordt geprobeerd zoveel mogelijk materiaal te besparen wat leidt tot variant 0+. Binnen de principes Reuse en Recycle wordt gekeken naar de mogelijkheden voor hergebruik. Dit leidt tot variant 1A (verhardingslaag) en 1B (funderingslaag). De vier R-principes zijn overgenomen vanuit het 10R-model voor de circulaire economie, waarin de hoogwaardigheid van hergebruik wordt gerangschikt (zie figuur 1 op volgende pagina).

De tweede denkrichting is een longlist met daarin circulaire alternatieven vanuit de markt. Deze alternatieven worden beoordeeld op 3 criteria: mate van circulariteit, bewezen technieken en uitstraling. Vanuit de beoordeling worden 6 alternatieven (variant 2A tot en met 2F) uitgewerkt en meegenomen richting de eindbeoordeling.

Variant 0+, 1A, 1B en de varianten 2A tot en met 2F worden in de laatste stap tegen elkaar afgewogen, waarbij wordt gekeken naar een aantal vaste aspecten. Hieruit volgt uiteindelijk de meest passende en geschikte circulaire variant. Deze variant wordt verder uitgewerkt in het advies.

10R-model Circulariteit

Product slimmer gebruiken en maken	10	Refuse	Voorkomen van gebruik van virgin-materials / grondstoffen
	9	Reduce	Verminderen van het gebruik van grondstoffen
	8	Rethink	(Her)ontwerpen van een product met circulariteit als uitgangspunt
Levensduur verlengen van product en onderdelen	7	Re-use	Product hergebruiken
	6	Repair	Onderhoud en reparatie -> levensduur verlenging
	5	Refurbish	Product opknappen
	4	Remanufacture	Nieuw product van secundaire materialen
Nuttig toepassen van materialen	3	Repurpose	Producthergebruik, maar met andere doel/functie
	2	Recycle	Verwerking van product naar grondstof en hergebruik
	1	Recover	Energieterugwinning uit materialen

Figuur 1 10R-model

1.3 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd in 7 hoofdstukken. Hoofdstuk 2 beschrijft de uitgangspunten en geeft een uitwerking van de vier maatgevende profielen. In hoofdstuk 3 en 4 wordt de eerder beschreven optimalisatie gemaakt door middel van het toepassen van de principes Rethink & Reduce (H3) en Reuse & Recycle (H4). In hoofdstuk 5 wordt de longlist geïntroduceerd en wordt toegewerkt naar de zes alternatieven die hieruit voortkomen. Hoofdstuk 6 geeft uiteindelijk een uitwerking van alle opgestelde varianten, inclusief de eindbeoordeling, waaruit het advies voor het Waterpark Veerse Meer is opgesteld in hoofdstuk 7.

2 Uitgangspunten (stap 0)

Dit onderzoek is gestart met een project start up (PSU) met de opdrachtgever. In dit overleg zijn de uitgangspunten binnen het onderzoek naar voren gekomen en is samen het standaardprofiel (variant 0) vastgesteld. De uitgangspunten zijn hieronder uitgewerkt tot een aantal randvoorwaarden.

2.1 Randvoorwaarden

Binnen dit onderzoek wordt rekening gehouden met de volgende uitgangspunten:

1. We beschouwen 4 verschillende maatgevende profielen die kunnen voorkomen op het park:
 - rijbaan met vrachtverkeer;
 - rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel;
 - parkeerterreinen voor personenvervoer;
 - fiets- en voetpaden.
2. Er wordt uitgegaan van licht gebruik door vrachtverkeer (maximaal 10 vrachtwagens per dag). De wegoopbouw dient bestand te zijn tegen de belastingen, voortkomend uit deze vrachtwagens. Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde snelheid van 10 km/h.
3. In de huidige situatie is uitgegaan van een wegprofiel van 6 meter breed voor de wegen die door vrachtwagens worden bereden.
4. De fiets- en voetpaden moeten gerealiseerd worden met een vlak en verhard oppervlak, om zoveel mogelijk aan de wensen van de gebruiker tegemoet te komen (denk bijvoorbeeld aan skeelers).
5. De voet- en fietspaden in het park dienen breed genoeg te zijn om ook onderhoudsvoertuigen (golfkarretjes) veilig te kunnen faciliteren. Het uitgangspunt hiervoor is minstens 3,5 meter breedte.
6. Voor de ontsluitingswegen wordt vooralsnog een breedte van 4,5 meter aangehouden binnen het standaardprofiel.
7. Het materiaalgebruik voor de rijbanen ter plaatse van parkeerterreinen is gelijk aan de opbouw van rijbanen voor autoverkeer. De parkeervakken kunnen eventueel uit worden gevoerd in een ander soort materiaal.
8. Uitstraling en kwaliteit zijn belangrijke factoren voor het Waterpark Veerse Meer. Binnen dit onderzoek staat de afweging tussen mate van circulariteit en eerdergenoemde factoren centraal.
9. Binnen het projectgebied zijn vier locaties met materiaaldepots aangetroffen. Deze worden meegenomen binnen het onderzoek, om een zo circulair mogelijke herbestemming voor deze materialen te vinden.
10. De voorlopige keuze voor de maatvoering van de standaardprofielen is, in overleg met de opdrachtgever, vastgesteld in de PSU (zie paragraaf 2.2).
11. Voor de structurele ontwerplevensduur van de verhardingsconstructies wordt 30 jaar aangehouden (in overeenstemming met levensduur van de vakantiewoningen).
12. Voor de onderhoudscyclus van de verhardingen wordt 60 jaar aangehouden.
13. De hoeveelheden te hergebruiken materialen zijn gebaseerd op het uitgevoerde onderzoek door Greenhouse Advies, welke is gerapporteerd in Rapport diverse onderzoek Muidenweg 3 te Arnemuiden 'Waterpark Veerse Meer', status: definitief, versie 0.2 van 12 december 2018.
14. Het Beeldregieplan Waterpark Veerse Meer van maart 2020, opgesteld door Kuiper Compagnons, zal door Sweco worden gebruikt bij het opstellen van alternatieven, zodat deze aansluiten bij de wensen de opdrachtgever met betrekking tot de uitstraling van verhardingen op het terrein.

15. Het onderzoek richt zich op het hergebruik van de aanwezige verhardingsmaterialen op het terrein. De aanwezige 'losse' voorwerpen, zoals bijvoorbeeld rioolbuizen, zullen niet worden meegenomen om te gaan hergebruiken in toekomstige verhardingslagen. Hiervoor wordt geadviseerd deze in te zetten (of af te zetten) om te worden hergebruikt in de functie waarvoor ze gebouwd zijn. Ter illustratie: een rioolbuis wordt dus weer ingezet (of verkocht) als rioolbuis en niet gebroken om als funderingsmateriaal te kunnen worden gebruikt. Hiermee voorkomen we dat hoogwaardige materialen downcyclen.
16. De variantenstudie rekent de diverse profielen door in lengtes van 100 meter. Dus eventuele bedragen en hoeveelheden, genoemd in het rapport, zijn gebaseerd op het betreffende profiel in een lengte van 100 meter.

2.2 Uitwerking van variant 0: standaardprofielen

Tijdens de PSU heeft Sweco haar voorzet voor de standaardprofielen gepresenteerd aan de opdrachtgever. In het overleg zijn de vier maatgevende profielen verder besproken en heeft de opdrachtgever deze aangevuld met informatie, afkomstig van andere, vergelijkbare vakantieparken. In de volgende sub-paragrafen zijn de uiteindelijke standaardprofielen afzonderlijk grafisch weergegeven en, waar nodig, voorzien van extra informatie.

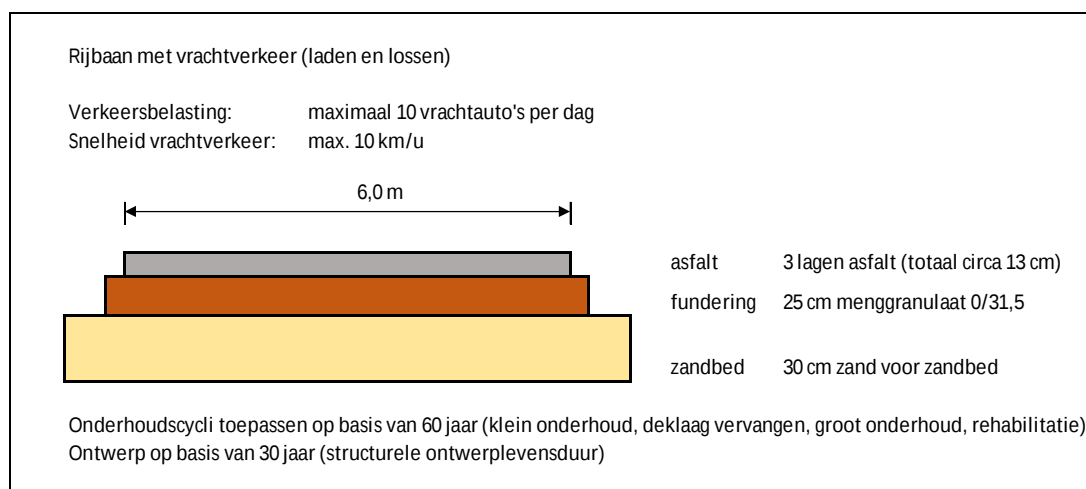
2.2.1 Rijbaan met vrachtverkeer

Dit type rijbaan wordt toegepast bij wegen op het terrein die beperkt worden gebruikt door vrachtwagens. Denk bijvoorbeeld aan bevoorrading en afvaltransport. De toegangsweg tot het terrein zal hier waarschijnlijk ook onder komen te vallen.

Bij het dimensioneren van een verhardingsconstructie wordt de belasting door autoverkeer nooit meegenomen. Enkel (middel)zwaar vrachtverkeer is van invloed op de vermoeiing van de constructie gedurende de ontwerplevensduur. Tien vrachtwagens per etmaal wordt in dit geval als ontwerpuitgangspunt gehanteerd.

Praktisch gezien, zou je voor een dergelijk type weg een asfaltdikte van zo'n 10-15 cm verwachten. Dit zou betekenen twee of drie lagen asfalt. Eén en ander is mede afhankelijk van een aantal uitgangspunten, zoals het toepassen van wel of geen funderingslaag, de draagkracht daarvan en de draagkracht van de natuurlijke ondergrond.

Voor deze 0-variant hanteren we dan ook een constructie van 13 cm asfalt (3 lagen) op een fundering van 25 cm menggranulaat op een zandbed.

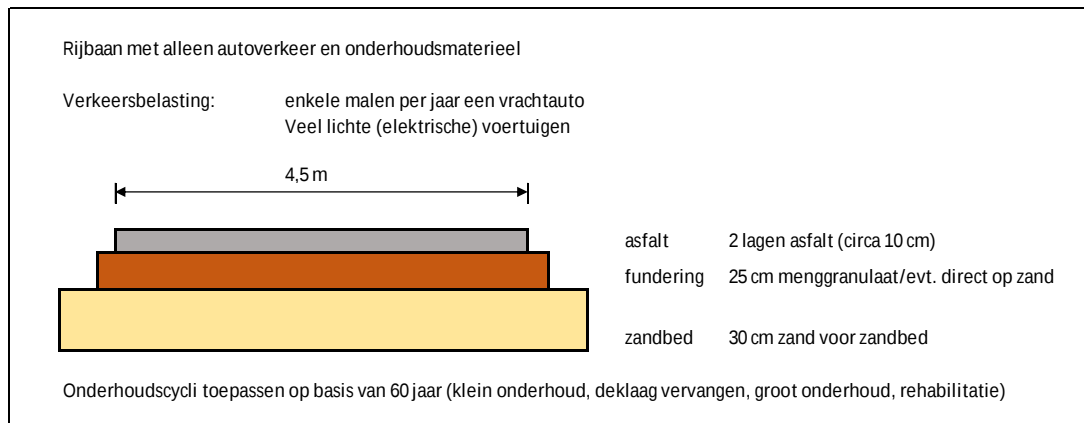


Figuur 2-1 Grafische weergave profiel 'Rijbaan met vrachtverkeer'

2.2.2 Rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel

Dit profiel zal naar verwachting het meest voorkomen op het terrein. Dit zijn de wegen waar bezoekers gebruik van maken om vanaf de hoofdingang naar de vakantiewoningen toe te rijden. Ook onderhoudsmaterieel zal veelal van deze wegen gebruik maken. Incidenteel (een enkele keer per jaar) zal er gebruik worden gemaakt van deze wegen door vrachtverkeer. Dit om bijvoorbeeld ergens onderhoud uit te voeren. Het (standaard) onderhoudsmaterieel bestaat veelal uit lichte (elektrische) voertuigen.

Omdat hier sprake is van een licht belaste weg, zal bij een berekening een erg dunne asfaltconstructie uit de bus komen. Hier wordt dus ook een praktische asfaltdikte geadviseerd, waarbij met name wordt gekeken dat de constructie degelijk kan worden aangelegd en onderhouden. Het toepassen van 2 lagen asfalt is daarbij aan te bevelen; een onderlaag van 6 cm en een deklaag van 4 cm, in totaal 10 cm asfalt. Ook hier wordt een fundering aangeraden. Deze zorgt voor een goede klankbodem in geval er gebruik wordt gemaakt door vrachtwagens, ook wanneer zij op de randen rijden. Zonder fundering is de asfaltconstructie hier kwetsbaarder en kan eerder schade ontstaan, met name in de randen.

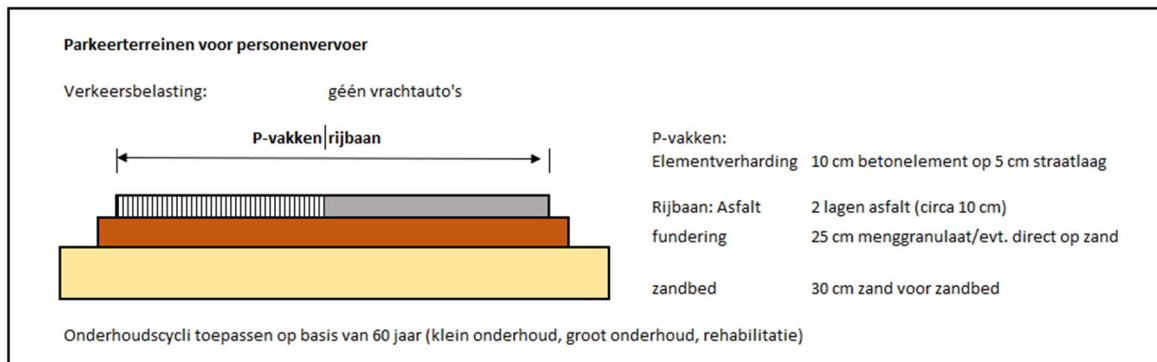


Figuur 2-2 Grafische weergave profiel 'Rijbaan met alleen autoverkeer en onderhoudsmaterieel'

2.2.3 Parkeerterreinen voor personenvervoer

Het is de bedoeling dat bezoekers van het park ten tijde van hun verblijf op het park hun auto's parkeren op (een) centrale parkeerplaats(en). Parkeerplaatsen zijn op te delen in twee onderdelen, te weten de rijbaan en de parkeervakken. Voor het standaardprofiel wordt als rijbaan hetzelfde profiel aangehouden, zoals omschreven in paragraaf 2.2.2. Voor de parkeervakken wordt een standaardprofiel van elementverharding van betonstraatstenen (kei formaat) aangehouden. De opbouw bestaat uit 10 cm dik elementverharding op 5 cm straatlaag en 25 cm menggranulaat.

Ook voor de asfaltconstructie geldt dat dezelfde dikte wordt geadviseerd als het profiel uit paragraaf 2.2.2. Dus 10 cm dikte op een fundering van 25 cm menggranulaat.

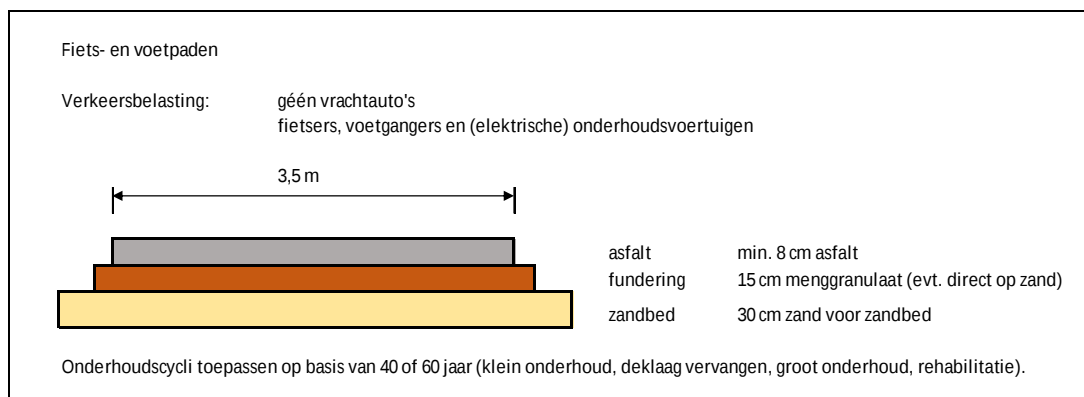


Figuur 2-3 Grafische weergave profiel 'Parkeerterreinen voor personenvervoer'

2.2.4 Fiets- en voetpaden

Dit type weg is bedoeld voor gecombineerd gebruik. Dat wil zeggen dat zowel fietsers en voetgangers, maar ook licht (elektrisch) onderhoudsmaterieel (denk hierbij vooral aan golfkarretjes), gelijktijdig gebruik kunnen maken van deze paden. De breedte van het standaardprofiel is daarom bepaald op 3,5 meter.

Voor de fiets- en voetpaden geldt dat een dunnere asfaltconstructie aangebracht kan worden. Wel wordt hier een constructie geadviseerd van 2 lagen asfalt op een fundering van menggranulaat. De lagen kunnen wat minder dik zijn: 5 cm voor de onderlaag en 3 cm voor de deklaag. In totaal 8 cm asfalt. Ook hier geldt dat het aanbrengen van een fundering zorgt voor een sterkere constructie en praktischer is in de uitvoering.



Figuur 2-4 Grafische weergave profiel 'Fiets- en voetpaden'

De hierboven beschreven profielen worden aangehouden als standaardvariant (variant 0).

3 Rethink & Reduce (stap 1)

3.1 Rethink & Reduce: Optimaliseren van standaardprofielen

Om tot een circulaire infrastructuur te komen, worden een aantal circulaire principes toegepast op de in hoofdstuk 2 vastgestelde variant 0. De eerste twee principes houden verband met elkaar en zijn de principes Rethink en Reduce. Beide principes zijn overgenomen uit het 10R-model. Rethink wordt daarbij gedefinieerd als het (her)ontwerpen met circulariteit als uitgangspunt. In dit hoofdstuk zal de variant 0 worden geëvalueerd en wordt gekeken of er optimalisaties op het gebied van circulariteit mogelijk zijn.

Als tweede wordt het principe Reduce toegepast. Reduce gaat over het verminderen van het gebruik van grondstoffen. Hierbij wordt gekeken of de afmetingen of laagdiktes kunnen worden gereduceerd om zo materiaal te besparen. Hierbij zal de optimalisatie worden uitgedrukt in het percentage bespaarde m³ per materiaalsoort.

Het toepassen van beide principes leidt tot een geoptimaliseerde versie van de standaardvarianten. Deze varianten noemen we variant 0+.

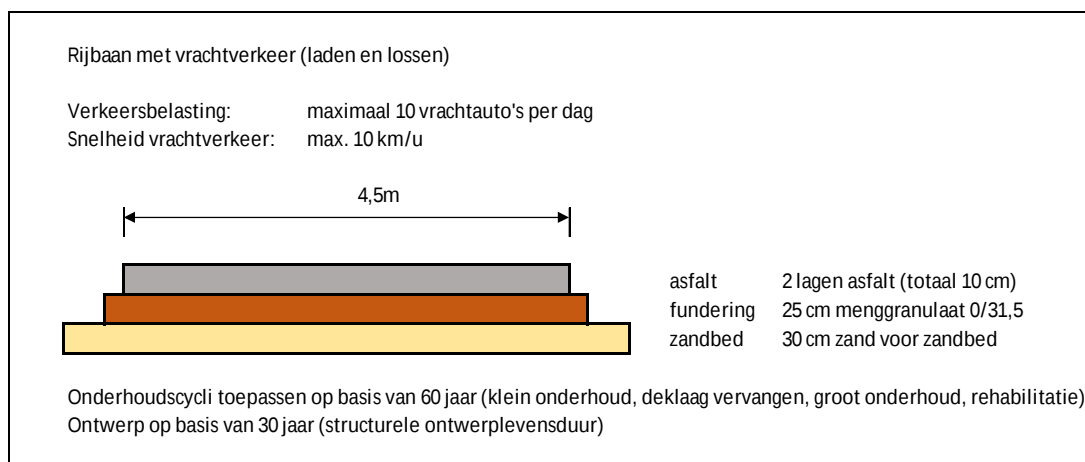
3.2 Profiel: rijbaan met vrachtverkeer

Voor het optimaliseren van het profiel, is het interessant om te kijken naar de breedte van de weg. Door het verkleinen hiervan, bespaar je direct op de toe te passen materialen. Wanneer we bijvoorbeeld een laag in de constructie weglaten, zal dit gevolgen hebben voor de dikte van een andere laag om toch dezelfde draagkrachtige verhardingsconstructie te behouden.

Voor het profiel 'rijbaan met vrachtverkeer' is een versmalling naar 4,5 meter mogelijk. Dan blijft er een voldoende brede weg over waarvan vrachtverkeer gebruik kan maken, in combinatie met veilig fiets- en voetgangersverkeer. Het eventueel passeren van auto's en vrachtauto's is in deze optimalisatie minder geschikt. Hiervoor zouden bijvoorbeeld voorzieningen getroffen moeten worden in de vorm van uitwijkhavens en/of het instellen van éénrichtingsverkeer.

Ook in dikte van de constructie kan geoptimaliseerd worden. Omdat er alleen in dit profiel sprake is van regelmatig (dagelijks) gebruik door vrachtverkeer, is voor dit profiel een ontwerpberekening gemaakt met het programma OIA 1.2 van het CROW. In bijlage 4 is deze berekening met daarin de gehanteerde uitgangspunten opgenomen.

Uit de berekening blijkt dat voor de gehanteerde hoeveelheid vrachtverkeer de laagdikte van het asfalt niet dikker hoeft te zijn dan 8,5 cm (afgerond), echter is, praktisch gezien, een asfaltpakket van 10 cm wenselijker. En dit houdt in een onderlaag van 6 cm en een deklaag van 4 cm. Daarbij maakt een fundering van 25 cm menggranulaat 0/31,5 op een zandbed (30 cm) de constructie af. Dit is de meest belaste weg op het terrein. Het toepassen van een fundering wordt hier aangeraden, niet alleen om asfalt te besparen maar ook uitvoeringstechnisch is dit prettiger werken.



Figuur 3-1 0+ variant profiel 'Rijbaan met vrachtverkeer'

In onderstaande tabel is per laag de besparing weergegeven ten opzichte van de 0-variant.

Tabel 3-1 Besparing in materialen (op basis van 100 m lengte)

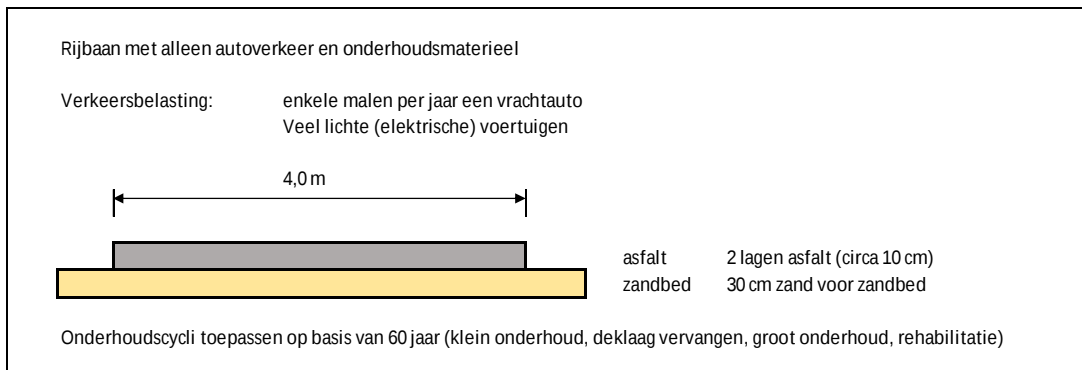
	Δ breedte [m]	dikte [m]	Δ totaal [m ³]	Besparing [%]
Asfalt	-1,5	0,13	-19,5	25
	-4,5	0,03	-13,5	23
Fundering	-1,5	0,25	-37,5	25
Zandbed	-1,5	0,30	-45	25

Dit alles is gebaseerd op een asfaltconstructie die is aangelegd op een nieuwe fundering van menggranulaat 0/31,5.

3.3 Profiel: rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel

Voor het optimaliseren van dit profiel, is het eveneens interessant om te kijken naar de breedte van de weg. Maar hier zou ook de fundering onder het asfalt weggelaten kunnen worden. Indien er sprake is van incidenteel vrachtverkeer, is de constructie daarvoor wel kwetsbaarder.

Voor het profiel 'rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel' is een versmalling naar 4,0 meter mogelijk. Dan blijft er een voldoende brede weg over waarvan autoverkeer gebruik kan maken, in combinatie met veilig fiets- en voetgangersverkeer. Het passeren van 2 auto's is in deze situatie niet zonder meer mogelijk. Eventuele oplossingen hiervoor zouden kunnen zijn het instellen van éénrichtingsverkeer of aanbrengen van een soort bermverharding of uitwijkhavens.



Figuur 3-2 0+ variant profiel 'rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel'

In onderstaande tabel is per laag de besparing weergegeven ten opzichte van de 0-variant.

Tabel 3-2 Besparing in materialen (op basis van 100 m lengte)

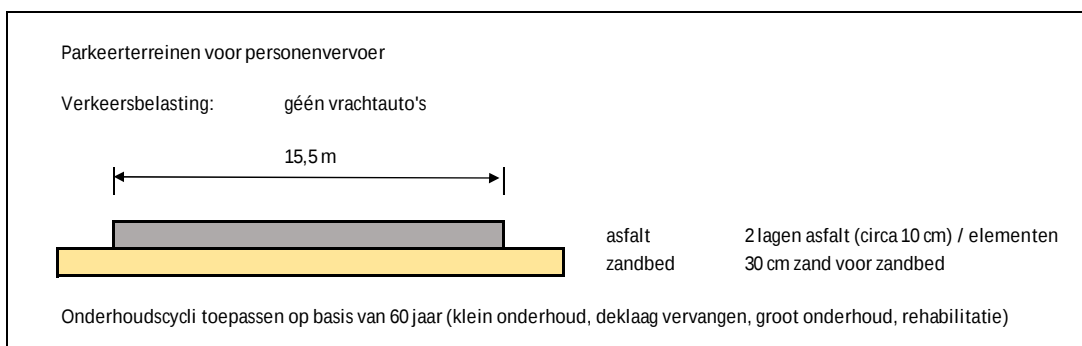
	Δ breedte [m]	dikte [m]	Δ totaal [m ³]	Besparing [%]
Asfalt	-0,5	0,1	-5	11
Fundering	-4,2	0,25	-105	100
Zandbed	-1,0 ¹⁾	0,30	-30	31

¹⁾ het verschil in breedte van het zandbed is groter dan het verschil in breedte van asfalt. Dit komt doordat de diverse lagen verspringen in breedte om de belastingen onder een hoek van 45° te kunnen afdragen. Door het vervallen van de fundering, hoeft het zandbed ook minder breed te worden aangebracht.

3.4 Profiel: parkeerterreinen voor personenvervoer

Wat betreft constructieopbouw is dit profiel gelijkgesteld aan de rijbaan. De parkeervakken zelf worden uitgevoerd in elementenverharding. Hier zou de optimalisatie ook gevonden kunnen worden in het weglaten van de fundering.

Voor het profiel 'rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel' is een versmalling naar 3,5 meter niet mogelijk. Voor het in- en uitdraaien van kopsparkeervakken, heb je een breedte van 4,5 meter voor de rijbaan zeker nodig. De vakken zelf hebben een diepte van 5,5 meter (aan weerszijden van de rijbaan). Een mogelijk dwarsprofiel komt daarmee op een breedte van in totaal 15,5 m. Dit houden we aan om de hoeveelheden te bepalen.



Figuur 3-3 0+ variant profiel 'parkeerterreinen voor personenvervoer'

In onderstaande tabel is per laag de besparing weergegeven ten opzichte van de 0-variant.

Tabel 3-3 Besparing in materialen (op basis van 100 m lengte)

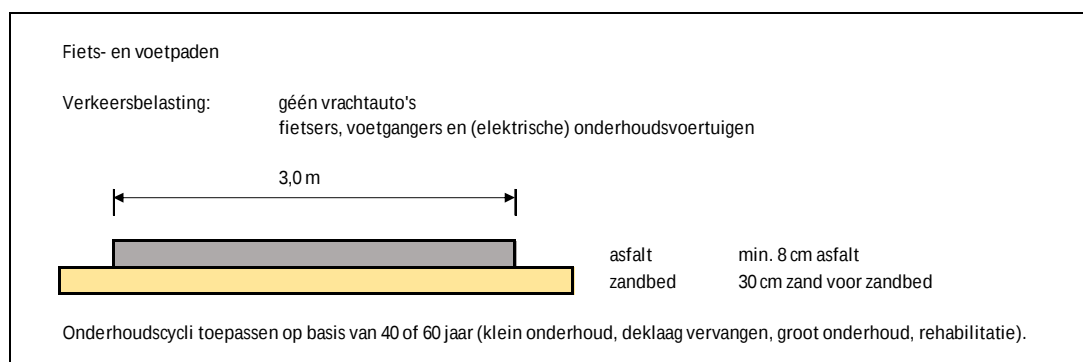
	Δ breedte [m]	dikte [m]	Δ totaal [m ³]	Besparing [%]
Asfalt	0	0,1	0	0
Fundering	-15,5	0,25	-387,5	100
Zandbed	0	0,30	0	0

Hierbij wordt opgemerkt dat in dit geval nog een extra besparing mogelijk is in de hoeveelheid asfalt, wanneer de minimale benodigde asfaltdikte uit de berekening (85 mm) wordt gehanteerd in plaats van de nu praktisch geadviseerde dikte (100 mm). Dit levert een extra besparing op van 6,75 m³ asfalt per 100 meter weglengte.

3.5 Profiel: fiets- en voetpaden

Voor het optimaliseren van dit profiel, is het eveneens interessant om te kijken naar de breedte van de weg. Maar ook hier zou de fundering onder het asfalt weggelaten kunnen worden.

Voor het profiel 'fiets- en voetpaden' is een versmalling naar 3,0 meter mogelijk. Dan blijft er een voldoende brede weg over waarvan elektrische onderhoudsvoertuigen (golfkarretjes) gebruik kan maken, in combinatie met veilig fiets- en voetgangersverkeer. Dit is te vergelijken met de maatvoering van veel in twee richtingen bereden fietspaden in de openbare ruimte.



Figuur 3-4 0+ variant profiel 'fiets- en voetpaden'

In onderstaande tabel is per laag de besparing weergegeven ten opzichte van de 0-variant.

Tabel 3-4 Besparing in materialen (op basis van 100 m lengte)

	Δ breedte [m]	dikte [m]	Δ totaal [m ³]	Besparing [%]
Asfalt	-0,5	0,08	-4	15
Fundering	-3,7	0,15	-52,5	100
Zandbed	-0,8 ¹⁾	0,30	-24	20

¹⁾ het verschil in breedte van het zandbed is groter dan het verschil in breedte van asfalt. Dit komt doordat de diverse lagen verspringen in breedte om de belastingen onder een hoek van 45° te kunnen afdragen. Door het vervallen van de fundering hoeft het zandbed ook minder breed te worden aangebracht.

4 Reuse & Recycle (stap 2)

4.1 Reuse en Recycle, hergebruiken wat we al hebben

De ontwerpprincipes Reuse en Recycle richten zich op het hergebruik van materialen. Binnen dit onderzoek zijn de mogelijkheden onderzocht om de aanwezige materialen in het projectgebied te hergebruiken binnen de nieuwe infrastructuur. Hiervoor is een overzicht gemaakt van vrijkomende materialen (soort materiaal, omvang, kwaliteit en herbruikbaarheid). Voor het hergebruik van de materialen wordt afzonderlijk gekeken naar de mogelijkheden in de verhardingslaag en funderingslaag.

Voor zowel de verhardingslaag als de funderingslaag wordt gezocht naar de meest optimale manier waarop zoveel mogelijk materiaal kan worden hergebruikt. Dit resulteert in variant 1A (verhardingslaag) en 1B (funderingslaag), welke hieronder zullen worden uitgewerkt.

4.2 Beschikbare materialen

Op het huidige terrein zijn diverse verhardingsmaterialen aanwezig. Dit kunnen bestaande asfaltverhardingen, inclusief fundering en zandbed, zijn maar ook halfverhardingen en/of depots met losgestorte materialen.

4.2.1 Bestaande verhardingslagen

Sweco heeft een overzicht gemaakt van de aanwezige materialen op het terrein die mogelijk geschikt is voor hergebruik in de fundering dan wel de verhardingslaag. Voor dit overzicht is geput uit het milieukundig rapport van Greenhouse Advies.

In bijlage 2 is een gedetailleerd overzicht opgenomen van de materialen, afkomstig uit de aanwezige verhardingsconstructies op het terrein.

De potentie voor hergebruik is gebaseerd op het milieukundig onderzoek. Dit wil niet automatisch zeggen dat al het materiaal ook civieltechnisch herbruikbaar is. Alleen aanvullend onderzoek kan hier uitsluitsel over geven. Dit dient in het achterhoofd te worden gehouden.

In onderstaande tabel is per materiaalsoort weergegeven hoeveel materiaal er naar schatting in totaal vrijkomt en of het herbruikbaar is.

Tabel 4-1 Schatting vrijkomende materialen uit verhardingslagen

Materiaal	Herbruikbaar [m ³]	Niet herbruikbaar [m ³]
Asfalt	3.982	47
Gebonden slak		1372
(On)gebonden slak	5.389	-
Ongebonden steenmengsel	10.411	-
Zand	18.190	-

Omdat deze materialen onder bestaande verhardingen aanwezig zijn, nemen we aan dat ze ook onder nieuwe verhardingen gebruikt kunnen worden. Hierbij dient wel rekening te worden gehouden met mogelijk minder goede eigenschappen van de materialen dan wanneer het nieuw geleverde materialen zouden zijn.

4.2.2 Losse deellocaties

Naast het onderzoek naar de verhardingen op het terrein, zijn in het bodemonderzoek ook enkele deellocaties onderzocht. Hier is veelal sprake van (begroeide) halfverhardingen. Afgaande van het onderzoek, lijkt hier vooral sprake te zijn van grond waarin puinresten aanwezig zijn. Dit maken we op uit het percentage bijmenging wat veelal onder de 50% ligt. Dat wil zeggen dat het merendeel grond is. Dit materiaal wordt niet erg kansrijk geacht om civieltechnisch te kunnen hergebruiken in een constructie.

Alleen het materiaal ter plaatse van de deellocaties uit tabel 4-2 zou mogelijk, na aanvullend civieltechnisch onderzoek, hergebruikt kunnen worden in een verhardingsconstructie binnen het gebied. Waarschijnlijk dient dan wel eerst een bewerking plaats te vinden, zoals zeven, en vervolgens mogelijk breken en/of bijmengen.

Tabel 4-2 Schatting vrijkomende materialen uit deellocaties

Deellocatie	Beschrijving	Schatting dikte [m ¹]	Schatting oppervlakte [m ²]	Schatting hoeveelheid [m ³]
6	Puinpad	0,35	350	125
16	Botenstalling met halfverharding	0,25	2.400	600
Totaal				625

De potentie voor hergebruik van de materialen uit tabel 4-2 in een nieuwe verhardingsconstructie zonder nader onderzoek en bewerking wordt gering geacht. Je zou hierbij misschien wel kunnen denken aan halfverhardingen, depots en bouwwegen.

4.3 **Hergebruik in verhardingslagen**

4.3.1 Asfalt

Van het materiaal wat vrijkomt, kan het teervrije asfalt opnieuw worden gebruikt in asfalt. Het gebruik van oud (teervrij) asfaltgranulaat in nieuw asfalt is een fenomeen wat we in Nederland al lange tijd toepassen. De laatste jaren wordt er wel flink geïnvesteerd in het vergroten van het aandeel asfaltgranulaat in nieuw asfalt.

Het teerhoudende asfalt wat vrijkomt, dient te worden afgevoerd naar een thermische reiniger.

Het is niet zo dat het asfaltgranulaat wat wordt hergebruikt ook daadwerkelijk op het terrein blijft. Dit zal moeten worden voorbewerkt in een asfaltcentrale om in nieuw asfalt te kunnen worden toegepast. Dit is het principe van de asfaltketen: teervrij asfalt wordt gefreesd, bewerkt en hergebruikt in nieuw bereid warm asfalt. Voorwaarde voor dit hergebruik is dan ook dat men voor het nieuwe asfalt eisen stelt in het contract met een aannemer aan het (minimum) percentage te gebruiken asfaltgranulaat.

4.3.2 Overige materialen

Andere aanwezige materialen op het terrein zijn niet geschikt voor toepassing in asfalt.

Mogelijk kan het aanwezig betonpuin hoogwaardig worden hergebruikt in een betonverharding. Je waardeert het materiaal dan als het ware op: van funderingslaag naar verhardingslaag.

Op basis van de nu beschikbare onderzoeken is niet goed vast te stellen wat de civiel-technische samenstelling en korrelverdeling van het materiaal is. Er dient rekening te worden gehouden dat extra onderzoeken en bewerkingen sowieso noodzakelijk zijn om het materiaal op te waarderen naar een verhardingslaag.

4.3.3 Variant 1A

Voor variant 1A stellen we voor om in alle asfalten een percentage asfaltgranulaat toe te passen. Voor de deklaag is dat minimaal 30% en voor de onderlaag is dat minimaal 60%. Deze percentages hergebruik zijn geen uitzondering in de asfaltbranche en worden reeds veelvuldig toegepast en daar worden kwalitatief goede constructies mee aangelegd.

Uitgaande van een deklaag van 40 mm dikte en 30% hergebruik, kan in potentie 332.000 m² deklaag worden aangelegd op basis van het vrijkomende asfalt uit het terrein.

Uitgaande van een onderlaag van 60 mm dikte en 60% hergebruik, kan in potentie 110.000 m² onderlaag worden aangelegd op basis van het vrijkomende asfalt uit het terrein. Teervrij asfaltgranulaat wat wordt afgevoerd, komt altijd terug in de keten in nieuw asfalt maar niet op de oorspronkelijke plek. Dit is een theoretische benadering.

4.4 **Hergebruik in funderingslagen**

4.4.1 (On)gebonden slakken

Uit het milieukundig onderzoek valt op te maken dat er op sommige plaatsen een funderingslaag aanwezig is van slakken. Meer dan deze classificatie weten we niet, behalve dat ze soms gebonden en soms ongebonden zijn.

De slakken zijn milieuhygiënisch onderzocht en voldoen als niet vormgegeven bouwstof. Uitzondering hierop zijn de slakken die zijn gevonden onder de parkeerplaats (ter plaatse van de boorlocaties A01_A001 tot en met A01_A012).

Slakken kunnen, na bewerking (breken), weer worden toegepast als funderingslaag onder een (asfalt)verharding.

4.4.2 Ongebonden steenmengsel

Naast slakken is ook onder diverse asfaltverhardingen een laag steenmengsel aangetroffen. Specifiek wordt steenmengsel genoemd, omdat uit de beschikbare gegevens niet kan worden vastgesteld wat de samenstelling en korrelverdeling van dit materiaal is. Er kan dan ook niet zonder meer gesteld worden dat het bijvoorbeeld 'menggranulaat' is. Menggranulaat is een materiaal wat moet voldoen aan vastgestelde normen ten aanzien van samenstelling en korrelverdeling. Wanneer het daaraan voldoet, mag het de naam 'menggranulaat' dragen en vertegenwoordigt dit een bepaalde draagkracht.

Het aangetroffen steenmengsel is milieuhygiënisch herbruikbaar in nieuwe funderingslagen. Om de civieltechnische kwaliteit ervan vast te stellen, is aanvullend onderzoek naar het materiaal noodzakelijk.

Het materiaal wat onder bestaande verhardingen aanwezig is, wordt wel geschikt geacht om opnieuw als fundering te dienen. Beter is het dan wel om hieraan conservatieve waarden toe te kennen ten aanzien van de draagkracht. Dit heeft consequenties voor de dikte van de bovenliggende asfaltconstructie. Hiervoor zal meer asfalt nodig zijn.

4.4.3 Asfaltgranulaat

Het toepassen van asfaltgranulaat in een fundering zou tot de mogelijkheden behoren. Dit heeft echter in het kader van de circulariteit niet de voorkeur. Het materiaal wordt dan immers niet hoogwaardig hergebruikt, want je gaat het 'downgraden' van een verhardingslaag naar een funderingslaag. Aanbevolen wordt dan ook om het asfaltgranulaat, afkomstig uit de oude verhardingen, alleen in te zetten in nieuw asfalt.

Het asfaltgranulaat uit het voormalig depot (deellocatie 10), voldoet volgens het milieukundig onderzoek niet als niet-vormgegeven bouwstof in verband met verontreinigingen (minerale olie en chroom).

4.4.4 Variant 1B

Voor variant 1B stellen we voor om ervan uit te gaan om alle funderingslagen die zijn aangetroffen onder de bestaande verhardingslagen, te hergebruiken in nieuwe funderingen. Uiteraard betreft het alleen de materialen die milieuhygiënisch voldoen.

Er dient rekening te worden gehouden met mogelijk extra bewerkingen voordat toepassing mogelijk is. Denk aan het breken van de slakken.

Daarnaast dient rekening te worden gehouden dat op dit moment de civieltechnische kwaliteit niet bekend is. Bij toepassing in een nieuwe fundering dient hier rekening mee te worden gehouden ten aanzien van de draagkracht van het materiaal. Het heeft dan ook sterk de voorkeur om het vrijkomende funderingsmateriaal niet in de hoofdwegen te hergebruiken, maar in de minder belaste constructies.

Uitgaande van een nieuwe funderingslaag van 0,25 m dikte, kan in potentie ongeveer 57.000 m² funderingslaag worden aangelegd met materiaal, vrijkomend uit het terrein.

5 Longlist & Circulaire Alternatieven (stap 3)

Naast het toepassen van de circulaire principes, kan er ook worden gekeken naar circulaire alternatieven vanuit de markt. Deze producten zijn ontworpen en geproduceerd op basis van de circulaire principes en leveren daarom direct een bijdrage aan het verhogen van de circulariteit.

Er zijn meerdere manieren om de mate van circulariteit van een product te verhogen. Om de lezer een idee te geven, worden hieronder een aantal principes kort toegelicht:

1. **Gebruik van minder primair materiaal:** Eén van de drie hoofddoelen voor circulair bouwen is het beschermen van de materiaalvoorraden. Hierbij wordt geprobeerd zo min mogelijk gebruik te maken van nieuw materiaal en meer te kijken naar de opties voor gebruik van secundair materiaal (hergebruik van materialen).
2. **Verlaging MKI:** De milieukosten indicator is een schaduwprijs (uitgedrukt in geld) voor de milieubelasting van een materiaal of constructie-onderdeel. Binnen de MKI-score wordt gekeken naar de impact op 11 milieu-indicatoren. Hoe lager de MKI-waarde op de totale levenscyclus scoort, hoe beter het product is voor het milieu. Het beschermen van de milieukwaliteit is opnieuw één van de drie doelen voor circulair bouwen.
3. **Vermindering CO2:** CO2-uitstoot is één van de 11 indicatoren die wordt gemeten binnen de MKI-score. Echter heeft CO2 inmiddels zo'n groot maatschappelijk draagvlak, dat nu ook producten worden ontwikkeld die proberen de CO2-uitstoot significant te verlagen. Dit kan door de uitstoot van productie te verminderen of door het binden van CO2 tijdens de gebruiksfase.
4. **Minder cement:** Beton wordt gezien als een product met een hoge milieu-impact. 95% van deze impact wordt veroorzaakt door het cement dat in beton zit. Om meer circulaire producten te ontwikkelen, is dus gekeken of dit cement kan worden vervangen door een schoner alternatief.
5. **Hernieuwbare grondstoffen:** Hernieuwbaar betekent dat het materiaal niet gevoelig is voor uitputting en binnen een korte tijd weer opnieuw beschikbaar is. Hout is hier een goed voorbeeld van. Vanuit de circulaire gedachte wordt er een sterke voorkeur gegeven aan hernieuwbaar materiaal ten opzichte van niet hernieuwbaar materiaal.
6. **Benutten van reststromen:** Tijdens sommige productieprocessen ontstaan reststromen. Deze reststromen hebben losstaand geen waarde, maar kunnen wel verwerkt worden tot een product. Een materiaal waar anders niks mee wordt gedaan, wordt nu opgewaardeerd en krijgt daarmee een tweede leven. Zo hoeven er geen nieuwe grondstoffen aan de aarde onttrokken te worden en wordt de afvalstroom tegelijkertijd geminimaliseerd.
7. **Toepassing na gebruik:** Onderdeel van de circulaire economie is het minimaliseren van de afvalstroom. Bij het ontwerpen van een product, kan ontworpen worden voor hergebruik. Hierbij krijgt het product een herbestemming mee. Sommige onderdelen kunnen worden hergebruikt, andere worden wellicht op een andere manier nuttig toegepast. Het doel hierbij is materiaal zijn waarde zoveel mogelijk te laten behouden en de waarde optimaal te benutten. Dit is opnieuw één van de drie doelen binnen de circulaire economie.

5.1 Longlist

Om een goed overzicht te krijgen van de alternatieven uit de markt, heeft Sweco een zogenaamde longlist opgesteld. Deze longlist is bijgevoegd in bijlage 1.

De producten op de longlist zijn middels drie bronnen opgehaald. Per product wordt tevens aangegeven wat de ophaalmethode is middels het gebruik van drie kleuren:

- **Blauw:** Kennis van de markt: product is opgehaald middels een oproep op LinkedIn.
- **Groen:** Sweco inspiratie database circulaire producten voor de GWW-sector.
- **Geel :** Opgehaald uit recent uitgevoerde eigen onderzoeken

In de longlist zijn producten te vinden voor zowel de funderingslaag als de verhardingslaag. Echter is de bijgevoegde informatie en beoordeling voor beide groepen verschillend. Beide groepen zullen afzonderlijk worden toegelicht.

Vanuit de longlist wordt middels het beoordelen van de alternatieven en daarna het classificeren in groepen toegewerkt naar variant 2A tot en met 2F.

5.2 Beoordeling Longlist (stap 4)

Toewerkend naar een advies voor de opdrachtgever, zullen de circulaire alternatieven middels een beoordelingsstelsel worden gerangschikt. In dit hoofdstuk zullen de beoordelingscriteria worden toegelicht en zal de beoordeling van de alternatieven plaatsvinden.

Bij het beoordelen van de alternatieven wordt gebruik gemaakt van drie criteria.

5.2.1 Criterium 1: Mate van circulariteit

Het doel van het onderzoek is tot een circulaire infrastructuur te komen, passend bij het Waterpark Veerse Meer. Eerder is aangegeven dat de mate van circulariteit per product kan verschillen. Om een eerlijke afweging te maken tussen circulariteit en kwaliteit, is besloten om de producten te beoordelen op de mate waarin zij bijdragen aan de circulaire economie.

Om een objectieve beoordeling over de mate van circulariteit te kunnen geven, is gekozen gebruik te maken van de drie doelen voor circulair bouwen:

1. beschermen van de materiaalvoorraad;
2. beschermen van bestaande waarde;
3. beschermen van de milieukwaliteit.

Voor elk product wordt aangegeven of het product een bijdrage levert voor de drie gestelde doelen. Mocht het product bijdragen aan alle drie de doelen, krijgt dit een beoordeling 3. Als het product een bijdrage levert aan twee doelen, een score 2 en bij 1 doel een score 1.

5.2.2 Criterium 2: Betrouwbaarheid

De kwaliteit en betrouwbaarheid van het product zijn binnen dit onderzoek erg belangrijk. Op basis van het aantal jaren in gebruik en kwaliteitsrisico inschatting wordt iets gezegd over de betrouwbaarheid van het product. Dit resulteert in één van de volgende drie scores:

- **Score 1:** Onduidelijk / onbekend. Nieuw en/of innovatief product dat nog niet of nauwelijks is gebruikt in de praktijk. De praktijkervaring is te gering om een goed oordeel te kunnen geven over de kwaliteit.
- **Score 2:** Vermoedelijk betrouwbaar: Product bestaat enkele jaren. Echter zijn geen langjarige ervaringen bekend. Wel kan op basis van expertise met redelijke zekerheid een inschatting worden gemaakt over de mate waarin de kwaliteit afneemt in het verloop der jaren.

- Score 3: Bewezen betrouwbaar: Product is algemeen bekend en veelvuldig toegepast in verschillende omstandigheden.

Score 1 wordt voornamelijk gegeven aan hele nieuwe, innovatieve producten. Met deze producten is nog weinig tot geen praktijkervaring. Vanuit de uitgangspunten is naar voren gekomen dat de infrastructuur voor de komende 30 jaar kwalitatief goed moet blijven (inclusief onderhoud). Door een groot risico voor de opdrachtgever vanwege de onzekerheid in kwaliteit is er voor gekozen producten met score 1 binnen dit onderzoek verder buiten beschouwing te laten.

5.2.3 Criterium 3: Uitstraling

Het derde criterium, uitstraling, zal alleen bij de verhardingsalternatieven worden beoordeeld. Dit, omdat de fundering niet zichtbaar is en de uitstraling hierbij dus geen belangrijk aspect vormt. Hierbij wordt beoordeeld of het product een gelijke / hogere kwaliteit heeft of een mindere kwaliteit:

- Score 1: mindere uitstraling dan standaard: De uitstraling van het product wordt vergeleken met een standaardvariant van dit product. Voor een alternatief asfaltproduct wordt dus gekeken of de uitstraling minimaal net zo goed is als normaal asfalt. Bij een mindere uitstraling krijgt het product de score 1.
- Score 3: gelijk of beter dan standaard: Als uit de vergelijking blijkt dat de uitstraling gelijk of beter is dan de standaard, dan krijgt het product een score 3 toegekend.

De uitstraling van het product wordt door de opdrachtgever als één van de belangrijkste criteria gezien. Daarom geldt opnieuw dat producten met een score 1: minder dan de standaard, niet voldoen en niet verder worden meegenomen binnen dit onderzoek.

Wildcard

Naast de drie hoofdcriteria is besloten een wildcard ter waarde van 1 punt in te zetten voor producten die duidelijke meekoppelkansen bieden (denk daarbij bijvoorbeeld aan waterberging).

5.3 Beoordelingsstelsel

De alternatieven circulaire producten zijn gescoord op een schaal van 1 tot 10. Voor het eerste criterium (circulariteit) zijn in totaal 3 punten te behalen. Hierbij is ook aangegeven welke doelen worden meegenomen. Bij de score voor circulariteit worden de scores voor criterium 2 (betrouwbaarheid) en criterium 3 (uitstraling) opgeteld. Samen met de wildcard kan dan uiteindelijk een maximale score van 10 punten worden toegekend aan een alternatief product. Hierbij hoort de volgende optelformule:

Score circulariteit + score betrouwbaarheid + score uitstraling + wildcard.

Aangezien eerder is gesteld dat de categorie uitstraling niet van toepassing is op de fundering, wordt de score voor de funderingsproducten als volgt opgebouwd (maximaal 10):

*Score circulariteit + score betrouwbaarheid + wildcard * 1,4.*

In bijlage 1 is de complete longlist te vinden en is ook de beoordeling per product toegekend. Op basis van de scores zijn de alternatieven 2A tot en met 2F vastgesteld. Hoofdstuk 5.4 geeft een toelichting op de gemaakte keuzes voor de funderingsalternatieven. In hoofdstuk 5.5. wordt hetzelfde gedaan maar dan voor de verhardingsalternatieven.

5.4 Classificatie Funderingsproducten longlist

In totaal zijn er 16 producten meegenomen binnen dit onderzoek die vanuit de markt als circulair funderingsmateriaal worden bestempeld. Vanuit de beoordeling zien we dat veel producten vergelijkbare scores hebben. Daarom is besloten de producten in te delen in groepen (op basis van het achterliggende principe). Hierbij zijn uiteindelijk drie groepen ontstaan:

1. **Natuurlijk materiaal:** Hierbij bestaat het product dus volledig uit een natuurlijk en veelal hernieuwbaar materiaal. Naast een lagere MKI ten opzichte van een standaardproduct wordt dit product ook als meer circulair gezien, omdat het gemaakt is van hernieuwbare grondstoffen.
2. **Secundaire grondstoffen:** Binnen de groep secundaire grondstoffen vallen alle producten die een percentage hergebruik bevatten. Denk daarbij aan hergebruik van gebroken beton en of steen. Door het gebruik van secundair materiaal hoeft minder primair materiaal te worden gewonnen wat aansluit bij de circulaire gedachte.
3. **Nuttige toepassing reststroom:** Een zestal producten binnen de lijst voor funderingsmaterialen vallen in de groep nuttige toepassing reststroom. Hierbij wordt het verbrandingsresidu ingezet als basis voor een funderingsmateriaal.

5.4.1 Selectie van circulaire funderingsalternatieven longlist

Tijdens een tweede sessie met de opdrachtgever is de longlist, de beoordeling van de producten en de classificatie, in groepen toegelicht en besproken. Gezamenlijk hebben we hieruit de kansrijke alternatieven vastgesteld welke verder worden uitgewerkt in de eindbeoordeling.

Vanuit de longlist worden twee groepen als kansrijk gezien. Dit resulteert in de varianten 2A en 2B

5.4.2 Variant 2A (funderingslaag): product op basis van secundaire grondstoffen

In variant 2A wordt het eerste alternatief aangeboden voor de funderingslaag. Het alternatief gaat uit van een funderingslaag waarin een percentage hergebruikte grondstoffen zijn toegevoegd. In de longlist kunt u zien welke producten onder deze groep vallen. Mocht dit alternatief als beste alternatief naar voren komen tijdens de eindbeoordeling, dan is de opdrachtgever vrij in de keuze welk product toegepast zal worden. De scores liggen dicht bij elkaar, echter verschilt het percentage hergebruik wel per product. Er wordt voorkeur gegeven aan een zo hoog mogelijk percentage hergebruik. In hoofdstuk 6 vindt u een verdere uitwerking van deze variant.

5.4.3 Variant 2B (funderingslaag): product op basis van nuttige toepassing reststroom

Het tweede alternatief voor de funderingslaag focus zicht op het nuttig toepassen van een reststroom. Bij het produceren van producten en het verwerken van afval ontstaan reststromen. Een aantal van deze stromen hebben bruikbare eigenschappen en kunnen worden verwerkt in een product. In de longlist kunt u vinden welke producten hieronder vallen. Het nuttig toepassen van een reststroom zorgt voor een efficiëntere manier van afvalverwerking en kan primair materialen vervangen, wat beide aansluit bij de circulaire gedachtegang. Een verdere uitwerking van deze variant wordt in hoofdstuk 6 gedaan.

5.5 Classificatie Verhardingsproducten longlist

Binnen dit onderzoek zijn 18 producten meegenomen die vanuit de markt als circulair verhardingsalternatief worden bestempeld. Ook voor de verhardingsproducten is een classificatie gemaakt in groepen op basis van het achterliggende principe. Dit heeft geresulteerd in vier groepen.

Door de verscheidenheid in producten kan het zijn dat groepen gecombineerd terugkomen, bijvoorbeeld een biobased materiaal, in combinatie met hergebruik.

1. **Biobased:** een biobased product is een product dat geproduceerd wordt, maar waarvan de basis een natuurlijke afkomst is. Vaak betekent dit ook dat een materiaal hernieuwbaar is. Door deze eigenschappen is het materiaal minder vervuilend en draagt het niet bij aan het uitputten van de aarde. Een product kan geheel of gedeeltelijk biobased zijn.
2. **Natuurlijk materiaal:** een natuurlijk materiaal is een materiaal dat gewonnen wordt uit de natuur en met behulp van bewerking wordt toegepast als fundering of verharding, denk bijvoorbeeld aan een halfverhardingen uit gesteente of schelpen. Het verschil met een biobased materiaal is dat een natuurlijk materiaal alleen wordt bewerkt, maar er verder geen productieproces aan te pas komt.
3. **Minder primair cement:** er zijn diversie innovaties die het gebruik van cement verminderen. Eerder is uitgelegd dat cement een erg vervuilend product is. Door minder primair cement toe te voegen, wordt de MKI-waarde verlaagd en wordt het product als meer circulair gezien.
4. **Hergebruik:** in plaats van nieuw primair materiaal kan hergebruikt secundair materiaal worden ingezet. Dit sluit aan bij de circulaire gedachtegang.

5.5.1 Materiaalsoort

Het classificeren naar circulaire groep is voor de verhardingslaag niet voldoende.

Bovenstaande circulaire groepen zijn namelijk afhankelijk van de keuze voor materiaalsoort.

Om deze reden is besloten een tweede classificering aan te brengen op basis van

6 materialen:

1. asfalt;
2. beton;
3. halfverhardingen;
4. klei (gebakken materialen);
5. natuursteen;
6. plastic.

5.5.2 Selectie van circulaire verhardingsalternatieven longlist

Samen met de opdrachtgever is voor elk profiel een voorkeursmateriaal vastgesteld. Deze is hieronder weergegeven

- rijbaan met vrachtverkeer: Asfalt (alternatief 2C);
- rijbaan met autoverkeer en onderhoudsmaterieel: Asfalt (alternatief 2C, zelfde als rijbaan met vrachtverkeer);
- fiets- en voetpaden: voetpaden halfverharding (alternatief 2D), voet-/fietspaden (Elementenverharding) (alternatief 2E en 2F);
- parkeerterreinen voor personenvervoer: Beton (Elementenverharding) (alternatief 2E en 2F).

Op basis van de profielen en het gekozen materiaal zijn vier alternatieven opgesteld met daarin een combinatie van materiaal met circulaire groep(en). Variant 2C tot en met 2F worden hieronder kort toegelicht.

5.6 **Variant 2C (verhardingslaag): Biobased asfalt**

Voor de rijbanen binnen het park wordt gedacht aan asfalt. Vanuit de longlist wordt er onderscheid gemaakt in 2 circulaire asfalt alternatieven, namelijk biobased asfalt of asfalt op basis van hergebruik. In variant 1A is een asfalt alternatief met daarin een maximaal percentage aan hergebruik beschreven. Daarom is voor alternatief 2C gekozen voor een biobased alternatief.

5.6.1 Variant 2D (verhardingslaag): halfverharding met natuurlijk materiaal

Voor de voetpaden en parkeervakken kan gedacht worden aan een halfverharding. Hierbij is een groot voordeel dat deze ook bijdragen aan het watersysteem binnen het park. In de longlist zijn drie alternatieve halfverhardingsproducten opgenomen. 2 daarvan zijn op basis van natuurlijk materiaal gemaakt en scoren hoog met een 7 en 8 op schaal van 10. Het derde product is een halfverharding op basis van hergebruik, welke laag scoort (5/10) en dus niet verder wordt meegenomen in dit onderzoek.

5.6.2 Variant 2E (verhardingslaag): beton op basis van hergebruik en biobased toeslagstoffen

Naast het toepassen van halfverharding voor de parkeervakken en voet-/fietspaden kan ook gedacht worden aan elementenverharding van beton. Hierin zijn legio mogelijkheden en variatie bedenikbaar. In 2E gaan we in op het gebruik van biobased stoffen, in combinatie met hergebruik van granulaten. Er kan gedacht worden aan biobased bindmiddel als alternatief voor cement en het toevoegen van biobased vulmateriaal waardoor er minder primair materiaal nodig is. In de verdere beschouwing van het alternatief wordt uitgegaan van een elementenverharding al dan niet van grasbetonstenen. Dat laatste heeft als extra toegevoegde waarde dat bijvoorbeeld bij de parkeervakken hemelwater makkelijker kan infiltreren. Het voordeel van elementenverharding ten opzichte van asfalt is dat het gezien kan worden als modulair systeem dat hergebruik eenvoudiger maakt.

5.6.3 Variant 2F (verhardingslaag): beton op basis van hergebruik en verminderen primair cement

Naast het toepassen van halfverharding voor de parkeervakken en voet-/fietspaden kan ook gedacht worden aan elementenverharding van beton. Hierin zijn legio mogelijkheden en variatie bedenikbaar. In variant 2F gaan we in op het gebruik van beton, waarbij het (nieuwe) cementdeel verlaagd is. Hierbij zijn twee gangbare opties: geopolymere en benutten van vrij cement uit gebroken beton. Voor beide oplossingen geldt dat de MKI-waarde wordt verlaagd en er een sterke reductie is van primair cement, waarbij opgemerkt moet worden dat het benutten van vrij cement uit gebroken puin het best aansluit bij circulair kringlopen.

6 Uitwerking circulaire varianten (stap 5)

De circulaire varianten (variant 0, 1A, 1B en 2A tot en met 2F) zijn onderbouwd en staan vast. Uiteindelijk is het doel van het onderzoek om de opdrachtgever van één advies te voorzien voor de beste optie voor een circulaire verhardingslaag en een circulaire funderingslaag. In dit hoofdstuk zal worden toegewerkt naar dat advies. Om dat te doen, zullen de 9 varianten tegen elkaar worden afgewogen op basis van een aantal aspecten.

6.1 Afweging van varianten

De varianten zullen worden afgewogen op basis van de volgende aspecten. Deze zijn hieronder kort toegelicht:

- **Verhouding primair / secundaire grondstoffen (massa):** binnen het onderzoek streven we naar een zo circulair mogelijk materiaal. Zoals eerder gesteld, zien we een hoog percentage hergebruik (secundair) als meer circulair. Dit wordt dus meegenomen richting het eindadvies en zegt iets over de mate van circulariteit.
- **Milieukostenindicator (MKI-waarde) van het materiaal:** De milieu impact van een product wordt gemeten met behulp van de MKI-waarde. Dit is één onderdeel van circulariteit. Een lage MKI-score wordt gezien als meer duurzaam / circulair. De MKI-waarde van een product staat vast en zal dus alleen worden weergegeven in de eindbeoordeling. In dit onderzoek is gekozen om de MKI per ton materiaal te berekenen, waardoor MKI-waarde onafhankelijk van gekozen profiel met elkaar vergeleken kan worden.
- **Levenscycluskosten:** Circulariteit heeft betrekking op de gehele levenscyclus. Om die reden wordt er een inschatting gemaakt van de kosten voor realisatie, beheer & onderhoud en demontage.
- **Mate van hoogwaardig hergebruik na einde levensduur:** Mocht het alternatief na einde levensduur opnieuw gebruikt kunnen worden, wordt dit als meer circulair gezien.
- **Risico inschatting op kwaliteitsvermindering:** Het materiaal moet van goede kwaliteit blijven tijdens de beoogde levenscyclus. Er wordt een inschatting gemaakt voor de kwaliteitsvermindering over een periode van 30 jaar.
- **Onderhoudsaspecten over totale levensduur:** Binnen dit afwegingsaspect wordt gekeken naar de onderhoudsintensiteit van het materiaal. We willen door de jaren heen zo min mogelijk hinder veroorzaken door onderhoud. Dat betekent dat het materiaal van goede kwaliteit moet zijn, en makkelijk onderhoudbaar moet zijn. We baseren ons hierbij op de onderhoudscycli die Sweco heeft ontwikkeld op basis van ervaring voor verschillend belaste wegtypen.

Hieronder worden de bovenstaande aspecten per variant kort toegelicht. In hoofdstuk 6.2 is op basis van deze toelichting per variant een overzichtelijke eindafweging gemaakt waaruit de voorkeursalternatieven volgen. Daarbij wordt ook aangegeven voor welk profiel de varianten wel of niet toepasbaar zijn.

Note: Aangezien variant 0 zowel over de verhardingslaag als funderingslaag gaat, is deze opgesplitst in variant 0A (Verharding) en 0B (fundering). Op deze wijze kan uiteindelijk voor één funderingsalternatief en één verhardingsalternatief worden gekozen.

6.1.1 Variant 0A: standaard opbouw verhardingslaag

Verhouding primair/secundair

Voor de standaard opbouw gaan we uit van een verhardingslaag van asfalt voor alle rijbanen en fietspaden. Voor de parkeervakken zelf gaan we uit van betonstraatstenen (keiformaat).

Voor variant 0A stellen we voor om in alle asfalten een percentage asfaltgranulaat toe te passen. Voor de deklaag is dat 30% en voor de onderlaag is dat 60%. Deze percentages hergebruik zijn geen uitzondering in de asfaltbranche en worden reeds veelvuldig toegepast en daar worden kwalitatief goede constructies mee aangelegd.

MKI

Het standaardprofiel is berekend aan de hand van de data uit de Nationale Milieu Database. Daarnaast is per activiteit bepaald welke fasen van toepassing zijn (zie bijlage 3 toelichting fasen in MKI-berekening)

Uitgangspunten voor het standaardprofiel zijn:

- verwijderen van vrijkomend asfalt (fasen C-D);
- aanbrengen nieuwe asfalt, standaard samenstelling (fasen A1-D).

De berekende MKI-waarde wordt beoordeeld als neutraal. Bij alle andere varianten wordt de MKI-waarde beoordeeld ten opzichte van het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant worden beschouwd als standaard ten behoeve van het vergelijk met de varianten.

Mate van hoogwaardig hergebruik

Dit asfalt kan 100% worden hergebruikt aan het einde van zijn levensduur. Het wordt weer toegepast in nieuw asfalt.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

Dit type asfalt wordt sinds jaar en dag toegepast. Kwaliteitsvermindering als gevolg van toepassing gerecycled asfaltgranulaat is zeer gering. Dit proces heeft men goed in de vingers. Kwaliteitsvermindering schuilt meer in de uitvoeringsomstandigheden ten tijde van de aanleg (weeromstandigheden, vakbekwaamheid aannemer, etc.).

Onderhoudsaspecten totale levensduur

Ten aanzien van het onderhoud van asfaltverhardingen moet rekening worden gehouden met een onderhoudscyclus van zo'n 9 jaar voor de rijbanen binnen het park. Na 9 jaar dient plaatselijk onderhoud plaats te vinden (zoals het vullen van scheuren, kleine reparatievakjes). Na 18 jaar dient de deklaag te worden vervangen, en plaatselijk repareren van de tussenlaag. Na 27 jaar wederom plaatselijk onderhoud en na 36 jaar de dek- en tussenlaag vervangen. De cyclus herhaalt zich nu en na 72 jaar dient de gehele constructie te worden vervangen. Daarnaast kan er ook voor worden gekozen om de deklaag te onderhouden met slijtlagen. Dit zijn relatief goedkope onderhoudsmaatregelen. Hierbij wordt de deklaag geconserveerd door er een nieuwe laag steenslag op te strooien (vastgelegd in een soort 'lijmlaag' bestaande uit een bitumenemulsie).

Voor asfalt met toepassing van hergebruikt asfaltgranulaat, is het ook mogelijk om producten te krijgen die op lagere temperatuur zijn geproduceerd (70-100 °C in plaats van 170 °C). Dit scheelt CO₂-uitstoot en draagt daarmee tevens bij aan dat duurzaamheidsaspect.

6.1.2 Variant 0B: standaard opbouw funderingslaag

Verhouding primair/secundair

Voor de standaard opbouw gaan we uit van een funderingslaag van menggranulaat 0/31,5. Menggranulaat is reeds een 100% secundair product, want is afkomstig van de sloop van woningen etc. Het is een mengsel van gebroken betonpuin (tenminste 50%) en gebroken metselwerkpuin (ten hoogste 50%).

MKI

Het standaardprofiel is berekend aan de hand van de data uit de Nationale Milieu Database. Daarnaast is per activiteit bepaald welke fasen van toepassingen zijn (zie bijlage 3 toelichting fasen in MKI-berekening)

Uitgangspunten voor het standaardprofiel zijn:

- verwijderen van vrijkomend funderingslaag (fasen C-D);
- aanbrengen nieuw geleverd funderingsmateriaal (fasen A1-D).

De berekende MKI-waarde wordt beoordeeld als neutraal. Bij alle andere varianten wordt de MKI-waarde beoordeeld ten op zichte van het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant worden beschouwd als standaard ten behoeve van het vergelijk met de varianten.

Mate van hoogwaardig hergebruik

Menggranulaat kan aan het einde van de levensduur weer worden hergebruikt in een funderingslaag. Rekening dient te worden gehouden met extra bewerking(en), zoals bijvoorbeeld bijmengen. Voor hoogwaardiger hergebruik kan het aandeel betonpuin worden gescheiden om als grondstof in nieuwe betonmortel te dienen.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

Net als het 'standaard' asfalt is het risico op kwaliteitsvermindering van menggranulaat meer afhankelijk van de wijze en omstandigheden bij aanleg, dan van het feit dat het een secundair product is.

Onderhoudsaspecten totale levensduur

Niet van toepassing voor een funderingslaag.

6.1.3 Variant 1A: maximaal hergebruik vrijkomende materialen verhardingslaag

Verhouding primair/secundair

Voor variant 1A stellen we voor om in alle asfaltenlagen een hoog percentage asfaltgranulaat toe te passen. Voor de deklaag is dat minimaal 80% en voor de onderlaag is dat minimaal 90%. Er zijn steeds meer producten leverbaar die een hoog percentage recyclinggranulaat bevatten.

Uitgaande van een deklaag van 4 cm dikte en 80% hergebruik, kan in potentie 125.000 m² deklaag worden aangelegd op basis van het vrijkomende asfalt uit het terrein.

Uitgaande van een onderlaag van 6 cm dikte en 90% hergebruik, kan in potentie 74.000 m² onderlaag worden aangelegd op basis van het vrijkomende asfalt uit het terrein.

MKI

Uitgangspunten voor deze variant zijn:

- verwijderen van vrijkomend asfaltlaag (fasen C-D);
 - verwerken van nieuw asfaltverharding met een maximaal PR percentage (fasen A1-D).
- De berekende MKI-waarde wordt met circa 45% verlaagd ten opzichte van de berekende MKI-waarde conform het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant zijn lager dan een standaard vergelijkbaar product, doordat het onderdeel aankoop vervalt.

Mate van hoogwaardig hergebruik

Dit asfalt kan 100% worden hergebruikt aan het einde van zijn levensduur. Het wordt weer toegepast in nieuw asfalt.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

Kwaliteitsvermindering als gevolg van een hoger percentage gerecycled asfaltgranulaat is meer aanwezig dan bij lagere percentages. Dit geldt met name voor de deklaag. Wanneer er kwalitatief minder asfaltgranulaat wordt gebruikt, is de kans op schade als gevolg van rafeling groter. Ook de invloed van vocht en UV kan dan een grotere impact hebben op de deklaag. Ook hier geldt dat uitvoeringsomstandigheden van groot belang zijn voor de eindkwaliteit en eventuele risico's op vroegtijdige schades.

Onderhoudsaspecten totale levensduur

Dit is gelijkwaardig aan variant 0A.

6.1.4 Variant 1B: maximaal hergebruik van vrijkomende materialen in funderingsconstructie

Verhouding primair/secundair

Voor variant 1b stellen we voor om ervan uit te gaan om alle funderingslagen die zijn aangetroffen onder de bestaande verhardingslagen, te hergebruiken in nieuwe funderingen.

Uitgaande van een nieuwe funderingslaag van 0,25 m dikte, kan in potentie ongeveer 57.000 m² funderingslaag worden aangelegd met materiaal, vrijkomend uit het terrein.

Voor de extra vierkante meters dient nieuw materiaal te worden aangevoerd. Dit zou menggranulaat zijn, wat ook secundair materiaal is. Dus in feite is sprake van 100% secundair materiaal.

MKI

Uitgangspunt voor deze variant is:

- opnemen, bewerken en hergebruiken van vrijkomend funderingslagen (fasen A5-D).
- De berekende MKI-waarde wordt met circa 45% verlaagd ten opzichte van de berekende MKI-waarde conform het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant zijn lager dan een standaard vergelijkbaar product, doordat het onderdeel aankoop vervalt.

Mate van hoogwaardig hergebruik

Het materiaal zou aan het einde van de levensduur opnieuw kunnen worden gebruikt als funderingslaag. Hoogwaardiger toepassen, lukt vermoedelijk niet. Als uit nader onderzoek blijkt dat er sprake is van veel betonpuin, zou dit ook als toeslagmateriaal in betonconstructies kunnen worden gebruikt.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

Het risico op kwaliteitsvermindering is aanwezig als het materiaal niet vooraf civieltechnisch wordt onderzocht. Het materiaal kan een mindere draagkracht hebben dan vergelijkbaar nieuw materiaal. Door het vooraf te onderzoeken, kan dit risico worden beheerst. Materiaal wat niet voldoet, wordt dan óf niet toegepast óf bewerkt waardoor de functionele eigenschappen verbeteren (bijvoorbeeld zeven en opmengen).

Onderhoudsaspecten totale levensduur
Niet van toepassing voor een funderingslaag.

6.1.5 Variant 2A: product op basis van secundaire grondstoffen

Verhouding primair/secundair

Binnen variant 2A wordt uitgegaan van een product waarin na is gedacht over een hoog percentage secundaire grondstoffen. Het verschil met variant 1B is daarbij dat de hergebruikte grondstoffen niet afkomstig zijn van het eigen terrein. In de basis zijn deze producten 100% circulair, omdat er sprake is van hergebruik van beton- en/of metselwerkpuin. Daarnaast verschillen de diverse producten, doordat bij sommige producten nog andere secundaire toevoegingen zijn gedaan om de functionele eigenschappen van het product te veranderen.

MKI

Uitgangspunten voor deze variant zijn:

- verwijderen van vrijkomende funderingslaag (fasen C-D);
- verwerken van nieuw funderingsmateriaal, secundaire grondstoffen (fasen A1-D).

De berekende MKI-waarde is vergelijkbaar met de berekende MKI-waarde conform het standaardprofiel. Deze producten zijn goed herbruikbaar en om die reden is ook gekeken naar de MKI-waarde als het materiaal uit een ander project vrijkomt. De MK-waarde zal circa 20% reduceren als gebruik wordt gemaakt van funderingsmateriaal dat vrijkomt uit een ander project.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant zijn gelijk aan een standaard vergelijkbaar product.

Mate van hoogwaardig hergebruik

De mate van hergebruik na einde levensduur wordt hoog ingeschat, aangezien het materiaal al bestaat uit hergebruikt materiaal.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

Het risico op kwaliteitsvermindering voor de producten uit deze categorie is beperkt. Bij het toevoegen van bijvoorbeeld staalslakken is de dosering erg van belang. Een teveel aan bijmenging kan de eigenschappen nadelig beïnvloeden.

Onderhoudsaspecten totale levensduur
Niet van toepassing voor een funderingslaag.

6.1.6 Variant 2B: product op basis van nuttige toepassing reststroom

Verhouding primair/secundair

Binnen variant 2B wordt uitgegaan van een product waarin na is gedacht over het toepassen van reststoffen die geen andere bestemming kennen. Het verschil met variant 2A is daarbij dat de hergebruikte grondstoffen afkomstig zijn van de afvalenergiecentrale (AEC). Deze zogenaamde bodemassen zijn dus 100% secundaire producten.

MKI

Uitgangspunten voor deze variant zijn:

- verwijderen van vrijkomende funderingslaag (fasen C-D);
- verwerken van nieuw funderingsmateriaal, Bodemassen (fasen A1-D).

De berekende MKI-waarde wordt met circa 25% verlaagd ten opzichte van de berekende MKI-waarde conform het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant zijn gelijk of hoger (+5%) dan een standaard vergelijkbaar product.

Mate van hoogwaardig hergebruik

Bodemassen heeft een goede stabiliteit en draagkracht. Daarom is het een uitstekend materiaal voor in de wegenbouw. De regels voor het gebruik van bodemassen zijn wettelijk vastgelegd, bijvoorbeeld in het Besluit bodemkwaliteit. Het wordt als het ware ingepakt, dus hergebruikt bij het einde van de levensduur heeft wat meer voeten in aarde dan bijvoorbeeld een menggranulaat. Dit zal consequenties hebben voor de kosten, maar in de basis is het materiaal 100% geschikt voor hoogwaardig hergebruik.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

Het risico op kwaliteitsvermindering voor de producten uit deze categorie is aanwezig. Het is een IBC-bouwstof. IBC staat voor Isoleren, Beheersen en Controleren. Verwerking van bodemassen gebeurt dus onder bepaalde voorwaarden. Een voorbeeld is het afdekken met folie. Daarnaast vindt monitoring plaats, onder andere van grondwater. Zolang er voldoende beheersmaatregelen worden genomen, zijn er geen milieu- en gezondheidsrisico's te verwachten. Om te voorkomen dat bepaalde stoffen worden afgegeven aan bodem en grondwater ('uitloging'), worden de assen onder andere afgedekt met een gecertificeerde folie (die bestand is tegen bijvoorbeeld dieren en boomwortels).

Onderhoudsaspecten totale levensduur

Bij toepassing van bodemassen dient in de gebruiksfase rekening te worden gehouden met het monitoren van onder andere het grondwater om eventuele uitloging vroegtijdig op te merken.

6.1.7 Variant 2C: asfalt verharding op basis van biobased bindmiddel

Verhouding primair/secundair

Voor variant 2C geldt dat een belangrijk onderdeel van het asfaltmengsel op basis van aardolieresidu wordt vervangen door een natuurlijk product. Lignine is het meest voorkomende organisch materiaal op aarde en komt onder andere vrij bij de papierproductie. Het wordt toegepast als vervanger voor bitumen. Ook in asfalt waar gerecycled asfaltgranulaat wordt gebruikt.

MKI

Uitgangspunten voor deze variant zijn:

- verwijderen van vrijkomende asfaltlaag (fasen C-D);
- verwerken van nieuw asfaltverharding met biobased bindmiddel (fasen A1-D).

Een berekening van de MKI-waarde is niet mogelijk, omdat de gegevens van deze nieuwe producten niet zijn opgenomen in de Nationale Milieu Database. De verwachting is dat de MKI-waarde circa 20% lager ligt ten opzichte van de berekende MKI-waarde conform het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant zijn hoger (+25%) dan een standaard vergelijkbaar product.

Mate van hoogwaardig hergebruik

De mate van hergebruik na einde levensduur wordt hoog ingeschat, aangezien het materiaal al bestaat uit hergebruikt materiaal.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

Het risico op kwaliteitsvermindering voor de producten uit deze categorie is niet bekend. Diverse asfaltproducenten hebben mengsels gemaakt met lignine als bindmiddel en er zijn al veel proefvakken aangelegd. Steeds meer wordt dit toegepast en de resultaten tot nu toe zijn positief. Op dit moment is er zo'n 4-5 jaar praktijkervaring met het toepassen op werken.

Onderhoudsaspecten totale levensduur

In de basis is het een vervanging van bitumen als bindmiddel. Laboratoriumtesten hebben aangetoond dat asfaltmengsels voldoen aan de eisen ten aanzien van onder andere steenverlies (rafeling). De producten die hieraan voldoen, zouden dus ook geen ander onderhoudsregime nodig hebben dan de standaard asfaltmengsels. Echter zal de praktijk dit nog moeten uitwijzen.

6.1.8 Variant 2D: halfverharding op basis van natuurlijke materialen

Verhouding primair/secundair

Variant 2D is het toepassen van een halfverharding op basis van natuurlijke materialen. Dit zijn dus bijvoorbeeld steenslagen die worden bewerkt (gebroken) en gezeefd. Maar ook schelpen kunnen een toepassing hiervoor zijn. We hebben het hier dan over materiaal afkomstig uit de natuur, maar wat dus 100% primair materiaal is. Het wordt alleen niet als toeslagstof in een ander product toegepast.

MKI

Uitgangspunten voor deze variant zijn:

- verwijderen van vrijkomende asfaltlaag (fasen C-D);
- verwerken van nieuw halfverharding (kleischelpen) (fasen A1-D).

De berekende MKI-waarde wordt met circa 60% verlaagd ten opzichte van de berekende MKI-waarde conform het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant zijn gelijk aan een standaard vergelijkbaar product.

Mate van hoogwaardig hergebruik

De mate van hergebruik na einde levensduur wordt hoog ingeschat, aangezien het materiaal al bestaat uit natuurlijk materiaal.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

Het risico op kwaliteitsvermindering is voor deze producten hoger. Dit heeft te maken met de toepassing als deklaag waar verkeer direct overheen rijdt. Dit resulteert in vooral visuele vermindering van kwaliteit, doordat een oppervlak bijvoorbeeld minder egaal wordt en/of oneffenheden gaat vertonen.

Onderhoudsaspecten totale levensduur

Halfverhardingen hebben altijd meer onderhoud nodig dan een elementen- of asfaltverharding. Bij een halfverharding dient rekening te worden gehouden dat jaarlijks onderhoud moet plaatsvinden (uitvullen en profileren) om dezelfde uitstraling en comfort te behouden.

Het toepassen van halfverharding voor bijvoorbeeld de parkeervakken zou overigens prima kunnen samengaan met de toepassing van (biobased) grasbetontegels. Dit zorgt voor een beter draagkrachtige ondergrond, waardoor minder onderhoud benodigd is maar waardoor wel een bijdrage wordt geleverd aan bijvoorbeeld waterinfiltratie. Een andere mogelijkheid is de grasbetontegels in te strooien met grond en in te zaaien. Hierdoor krijgt het ook een groen uiterlijk.

6.1.9 Variant 2E: beton op basis van hergebruik en biobased toeslagstoffen

Verhouding primair/secundair

Bij het toepassen van biobased grondstoffen moet je denken aan olifantsgras (miscanthus). Miscanthus is een grassoort die onder andere wordt geteeld in de directe omgeving van Schiphol en is bedoeld om ganzen op een diervriendelijke manier te weren van de start- en landingsbanen. Deze plant neemt tijdens de groei CO₂ op uit de lucht en verwerkt deze in combinatie met water naar de stengel. Deze opgenomen CO₂ wordt voor langere tijd in het beton vastgelegd.

Dit, in combinatie met hergebruikt betongranulaat, zorgt voor een nagenoeg 100% secundair product.

MKI

Uitgangspunten voor deze variant zijn:

- verwijderen van vrijkomende asfaltlaag (fasen C-D);
- verwerken van nieuw beton elementverharding met hergebruik en biobased toeslagstoffen (fasen A1-D).

De berekende MKI-waarde wordt met circa 45% verlaagd ten opzichte van de berekende MKI-waarde conform het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant zijn gelijk of hoger (+15%) dan een standaard vergelijkbaar product.

Mate van hoogwaardig hergebruik

Dit product kan 100% hoogwaardig worden hergebruikt in nieuwe betonproducten aan het einde van zijn levensduur.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

De verwachting is niet dat er sprake is van kwaliteitsvermindering. Betonstraatstenen, betonnen opsluitbanden, etc. die met deze toeslagstoffen zijn vervaardigd, moeten voldoen aan de in de markt gestelde (NEN)normen. Dit houdt in dat ze conform de bijbehorende Beoordelingsrichtlijnen (BRL) worden getoetst. Als daaraan wordt voldaan, kunnen ze zonder meer worden toegepast en zijn gelijkwaardig aan de standaard betonproducten.

Onderhoudsaspecten totale levensduur

Conform standaard betonelementen. Dat wil zeggen dat voor de toepassing op het vakantiepark rekening moet worden gehouden met een onderhoudscyclus van zo'n 12 jaar. Na 12 jaar dient 2% van het oppervlak te worden herstraat. Na 24 jaar 20% van het oppervlak. Na 36 jaar weer 2% van het oppervlak en na 48 jaar 30% van het oppervlak. Na 60 jaar dient de gehele verharding te worden vervangen.

6.1.10 Variant 2F: beton op basis van hergebruik en minder primair cement

Verhouding primair/secundair

In de meeste gevallen wordt (een deel van het) cement vervangen door Geopolymeren. Geopolymeren zijn cementachtige grondstoffen die, als ze worden geactiveerd, veranderen in een keten van moleculen met cementachtige eigenschappen. Met andere woorden, ze werken en reageren hetzelfde als cement, maar maken betere en sterkere verbindingen onderling. Optisch zie je geen verschil tussen geopolymeerbeton of regulier beton.

MKI

Uitgangspunten voor deze variant zijn:

- verwijderen van vrijkomende asfaltlaag (fasen C-D);
- verwerken van nieuw beton elementverharding met hergebruik van primair cement (fasen A1-D).

Een berekening van de MKI-waarde is niet mogelijk, omdat de gegevens van deze nieuwe producten niet zijn opgenomen in de Nationale Milieu Database. De verwachting is dat de MKI-waarde lager ligt dan het standaardprofiel.

LCC

De totale levenscycluskosten (aankoop, onderhoud en eindverwerking) van producten in deze variant zijn gelijk of hoger (+15%) dan een standaard vergelijkbaar product.

Mate van hoogwaardig hergebruik

Dit product kan 100% hoogwaardig worden hergebruikt in nieuwe betonproducten aan het einde van zijn levensduur.

Risico inschatting kwaliteitsvermindering

De verwachting is niet dat er sprake is van kwaliteitsvermindering. Ook hiervoor geldt dat aan de geldende normen moet worden voldaan.

Onderhoudsaspecten totale levensduur

Idem als variant 2E.

6.2 Eindafweging varianten

Nu de varianten zijn beschouwd en de diverse aspecten zijn bekeken, kan een eindafweging worden gemaakt. In onderstaande tabel 6-1 wordt per variant een beoordeling gegeven op de genoemde aspecten. Hieronder volgt een korte toelichting hoe de tabel gelezen dient te worden.

Varianten met betrekking tot de verhardingslaag:

- variant 0A: standaard opbouw verhardingslaag;
- variant 1A: maximaal hergebruik vrijkomende materialen verhardingslaag;
- variant 2C: asfaltverharding op basis van biobased bindmiddel;
- variant 2D: halfverharding op basis van natuurlijke materialen;
- variant 2E: beton op basis van hergebruik en biobased toeslagstoffen;
- variant 2F: beton op basis van hergebruik en minder primair cement.

Varianten met betrekking tot de funderingslaag:

- variant 0B: standaard opbouw funderingslaag;
- variant 1B: maximaal hergebruik van vrijkomende materialen in funderingsconstructie;
- variant 2A: product op basis van secundaire grondstoffen;
- variant 2B: product op basis van nuttige toepassing reststroom.

In onderstaande tabel wordt elk afwegingsaspect per alternatief beoordeeld op basis van ++, +, 0, - of --. Onderstaande beoordeling komt voort uit de toelichting, gegeven in hoofdstuk 6.1.

Beoordeling	Als...
++	Aanzienlijk beter dan variant 0
+	Beter dan variant 0
0	Gelijk aan standaard profiel variant 0
-	Mindere score dan variant 0
--	Aanzienlijk mindere score dan variant 0

De totaalscore bestaat uit een optelling van alle + en – scores, waarbij de hoeveelheid plusjes worden opgeteld min het aantal minnetjes. Een score 0 geeft geen wijzigingen.

Tabel 6-1 Beoordelingstabel aspecten verhardingslaag per variant

Variant	Prim/sec.	MKI	LCC	Hergebruik	Kwal.risico	Onderhoud	Totaalscore
0A	-	0	0	+	++	+	+++
1A	++	+	+	+	+	+	++++++
2C	+	0	--	+	0	0	0
2D	0	++	0	+	0	-	++
2E	+	+	-	+	+	+	++++
2F	+	0	-	+	+	+	+++

Tabel 6-2 Beoordelingstabel aspecten funderingslaag per variant

Variant	Prim/sec.	MKI	LCC	Hergebruik	Kwal.risico	Onderhoud	Totaalscore
0B	++	0	0	+	+	0	++++
1B	++	++	+	0	0	0	+++++
2A	++	+	0	+	+	0	+++++
2B	+	+	-	+	0	-	+++

Naast de diverse aspecten is ook gekeken naar de toepasbaarheid van de verschillende varianten binnen de profielen die in het park kunnen voorkomen. Reden hiervoor is dat niet alle varianten bruikbaar zijn in alle profielen. Voor de parkeervakken bijvoorbeeld, is het niet wenselijk om asfalt te gebruiken.

Tabel 6-3 *Tabel toepasbaarheid varianten verhardingslaag per profiel*

Variant	Rijbaan met vrachtverkeer	Rijbaan	Parkeerplaats Rijbaan	Parkeerplaats Parkeervakken	Fiets-/ voetpad
0A	x	x	x		x
1A	x	x	x		x
2C	x	x	x		x
2D				x	x
2E	x	x	x	x	x
2F	x	x	x	x	x

Tabel 6-4 *Tabel toepasbaarheid varianten funderingslaag per profiel*

Variant	Rijbaan met vrachtverkeer	Rijbaan	Parkeerplaats Rijbaan	Parkeerplaats Parkeervakken	Fiets-/ voetpad
0B	x	x	x	x	x
1B		x	x	x	x
2A	x	x	x	x	x
2B	x	x	x	x	x

7 Advies (Stap 6)

Het onderzoek is gericht op het bepalen van de meest circulaire oplossingen voor de verhardingslaag en funderingslaag per principeprofiel. In dit hoofdstuk wordt alle beschouwde data vertaald tot een advies per profiel. Hierbij wordt opgemerkt dat dit een advies is, specifiek op de uitgangspunten van de beoogde ontwikkeling en haar omgeving. Hoewel het advies generieke aspecten bevat, kunnen bevindingen niet willekeurig in andere projecten worden gebruikt. Het doorlopen proces is echter wel generiek toepasbaar.

7.1 Circulair advies verhardinglaag

Uit tabel 6-1 blijkt dat variant 1A, maximaal hergebruik vrijkomende materialen verhardingslaag, de beste optie is op basis van de gewogen criteria. Vrijvertaald wil dit zeggen dat alle bestaande asfaltverhardingen tot asfaltgranulaat worden verwerkt in nieuwe asfaltmengsels. In de praktijk wordt van vrijkomend asfaltgranulaat nieuw asfalt gemaakt in de asfaltcentrale, hierdoor is het niet mogelijk om letterlijk het materiaal binnen eigen project te hergebruiken. Wel is het mogelijk om het percentage hergebruik als opdrachtgever te bepalen. Geadviseerd wordt om voor alle asfaltverhardingen het volgende hergebruik percentage als minimum eis op te nemen:

- deklaag 80% hergebruik;
- tussen- en onderlaag 90% hergebruik.

Voor het onderscheidend karakter van de verschillende profielen en bijbehorende functie (voet-/fietspaden en parkeervakken) wordt een tweede materiaal geadviseerd, uitgaande van een elementverharding van beton. Variant 2E, Beton op basis van hergebruik en biobased toeslagstoffen, is dan de beste optie. Een goed alternatief voor variant 2E is het toepassen van variant 2D, een halfverharding van natuurlijk materiaal. Te denken valt aan schelpenverhardingen of natuurlijke steenslag. Voordeel is de waterdoorlatendheid. Een nadeel is dat deze materialen meer onderhoud vragen en niet multifunctioneel te gebruiken zijn (denk aan skeelers).

7.2 Circulair advies funderingslaag

Uit tabel 6-2 blijkt dat variant 1B, maximaal hergebruik vrijkomende materialen funderingslaag, de beste optie is op basis van de gewogen criteria. Vrijvertaald wil dit zeggen dat alle funderingsmaterialen, aanwezig onder de bestaande verharding, hergebruikt worden. De hoeveelheden vrijkomend materiaal zijn niet toereikend om alle verhardingen mee te realiseren. Geadviseerd wordt in de nadere uitwerking duidelijk afgebakende gebieden aan te houden voor het hergebruik van het aanwezige materiaal. Omdat de civieltechnische kwaliteit niet 100% gegarandeerd kan worden van vrijkomende materialen, wordt geadviseerd variant 1B niet in profiel Rijbaan met vrachtverkeer toe te passen. Als alternatief wordt variant 2A, product op basis van secundaire grondstoffen, geadviseerd ter aanvulling bij onvoldoende materiaal voor variant 1A. Onder deze variant vallen een groot aantal producten. In de nadere uitwerking dient bepaald te worden welke van de producten het beste aansluit bij het gebruik. Zo kan ook bijvoorbeeld rekening gehouden met het waterbergend vermogen van het product, een aspect dat goed te combineren valt met waterdoorlatende verharding in parkeervakken.

Variant 2b is een prima toepasbaar alternatief, maar scoort minder goed op circulariteit. Voor de productie van dit alternatief is een afvalrestroom nodig. Binnen een optimale circulaire economie ontstaat er geen afval meer en zou dit alternatief daardoor wegvallen.

7.3 Circulair advies per maatgevend profiel

In onderstaande tabel is het advies per profiel van toe te passen varianten weergegeven. In de tabel is naast de hergebruik variant 1B ook een alternatief benoemd.

Tabel 7-1 Advies variant per profiel

Toepassings- gebied	Rijbaan met vrachtverkeer	Rijbaan	Parkeerplaats Rijbaan	Parkeerplaats Parkeervakken	Fiets-/ voetpad
Verhardingslaag	1A	1A	1A	2E	2E
Funderingslaag	2A	1B / 2A	1B / 2A	2A	1B / 2A

7.3.1 Advies opbouw profiel Rijbaan met vrachtverkeer

Geadviseerd wordt voor het profiel Rijbaan met vrachtverkeer uit te gaan van onderstaande opbouw.

- Verhardingslaag:
 - deklaag asfalt 80% hergebruik, dikte: 40 mm;
 - onderlaag asfalt 90% hergebruik, dikte: 60 mm.
- Funderingslaag:
 - recyclegranulaat (100% secundaire grondstof), dikte: 250 mm,

7.3.2 Advies opbouw profiel Rijbaan met autoverkeer (inclusief rijbaan parkeerterreinen)

Geadviseerd wordt voor het profiel Rijbaan met autoverkeer (inclusief rijbaan parkeerterreinen) uit te gaan van onderstaande opbouw.

- Verhardingslaag:
 - deklaag asfalt 80% hergebruik, dikte: 40 mm;
 - onderlaag asfalt 90% hergebruik, dikte: 60 mm.
- Funderingslaag:
 - hergebruik vrijkomend funderingsmateriaal dikte: 250 mm;
 - *alternatief Recyclegranulaat (100% secundaire grondstof), dikte: 250 mm.*

7.3.3 Advies opbouw profiel Parkeervakken

Geadviseerd wordt voor het profiel parkeervakken uit te gaan van onderstaande opbouw.

- Verhardingslaag:
 - elementenverharding grasbetontegels op basis van hergebruikt beton en biobased toeslag, materiaaldikte 100 mm. Op een straatlaag van brekerzand dik 50 mm.
- Funderingslaag:
 - waterbergend recyclegranulaat (100% secundaire grondstof), dikte: 250 mm.

7.3.4 Advies opbouw profiel Fiets-/voetpaden

Geadviseerd wordt voor het profiel fiets-/voetpaden uit te gaan van onderstaande opbouw.

- Verhardingslaag:
 - elementenverharding op basis van hergebruikt beton en biobased toeslag, materiaaldikte 80 mm. Op een straatlaag van brekerzand dik 50 mm.
- Funderingslaag:
 - hergebruik vrijkomend funderingsmateriaal dikte: 150 mm;
 - *alternatief Recyclegranulaat (100% secundaire grondstof), dikte: 150 mm.*

Bijlage 1 Longlist circulaire producten

Sweco Projectnr. 373445 Versie 29-6-2020								Doel materiaal	Doel waarde behoud	Doel milieuimpact	1=onbekend 2=aannemelijk 3=bewezen	1=mindere uitstraling 3= gelijk aan normaal	extra punt bij bijdrage aan andere doelstellingen
ID	Product	Materiaalsoort	Toepassingsgebied	Circulaire principe	Circulaire groep	Totaal score	Cat.1 Circulairiteit				Cat.2 Betrouwbaarheid	Cat.3 Uitstraling	Wildcard
03	Ecostabiel		Funderingslaag	100% Volledig Biobased (schelpen)	Natuurlijk materiaal	8	3	1	1	1	2		1
05	Granova drainmix		Funderingslaag	toepassen reststroom verbrandingsresidu (AEC-bodemas)	Nuttige toepassing reststroom	7	1	1	0	0	3		1
06	Aquabase		Funderingslaag	toepassen reststroom verbrandingsresidu (AEC-bodemas) in combinatie met waterbuffering	Nuttige toepassing reststroom	7	1	1	0	0	3		1
14	Hydraulisch Menggranulaat		Funderingslaag	Secundaire grondstoffen	Secundaire grondstoffen	7	2	1	1	0	3		
15	BGS base granulaat		Funderingslaag	Secundaire grondstoffen	Secundaire grondstoffen	7	2	1	1	0	3		
26	Menggranulaat		Funderingslaag	Secundaire grondstoffen (50% gebroken puin- steenslag beton max 10% gebroken steen	Secundaire grondstoffen	7	2	1	1	0	3		
27	Hydraulisch Menggranulaat		Funderingslaag	Secundaire grondstoffen (50% gebroken puin- steenslag beton max 10% gebroken steen + 5 tot 20% slakmateriaal	Secundaire grondstoffen	7	2	1	1	0	3		
28	Fosforlakken		Funderingslaag	Secundaire grondstof	Secundaire grondstoffen	7	2	1	1	0	3		
02	Combimix		Funderingslaag	toepassen reststroom verbrandingsresidu (AEC-bodemas)	Nuttige toepassing reststroom	6	1	1	0	0	3		
16	Duomix		Funderingslaag	Hergebruik reststroom	Nuttige toepassing reststroom	6	1	1	0	0	3		
25	Betongranulaat		Funderingslaag	Secundaire grondstoffen (80% betonpuin)	Secundaire grondstoffen	6	1	1	0	0	3		
29	AEC-bodemas		Funderingslaag	toepassen reststroom verbrandingsresidu bodemas)	Nuttige toepassing reststroom	6	1	1	0	0	3		
30	Immobilisaat		Funderingslaag	toepassen reststroom verbrandingsresidu bodemas)	Nuttige toepassing reststroom	6	1	1	0	0	3		
31	Asfaltgranulaat		Funderingslaag	Secundaire grondstof	Secundaire grondstoffen	6	1	1	0	0	3		
11	Mycelium blokken		Funderingslaag	100% biobased (schimmels)	Natuurlijk materiaal	4	2	1	0	1	1		
12	Terrastab		Funderingslaag	cementloos	overige	4	2	1	0	1	1		
01	Biobond	Beton	Verhardingslaag	Gerecycled biobased vulmateriaal / Gerecycled betongranulaat	hergebruik + biobased	9	3	1	1	1	3	3	
04	Stabilizer EcoDynamic	Halfverharding	Verhardingslaag	100% Natuurlijk materiaal (natuurlijk steen)	Natuurlijk materiaal	9	2	0	1	1	3	3	1
08	Ecofalt	Asfalt	Verhardingslaag	100% secundair grondstof en biobases emulsie	hergebruik + biobased	9	3	1	1	1	2	3	1
07	Reduton	Beton	Verhardingslaag	Cementloze bestrating, cement vervangen door secundaire grondstoffen en grind door gerecycled betongranulaat	Hergebruik + Verminderen primair cement	8	3	1	1	1	2	3	
13	Nobre cal	Halfverharding	Verhardingslaag	Reststof bij productie steengroeve	Natuurlijk materiaal	8	2	1	1	0	3	3	
19	Laag Temperatuur asfalt	Asfalt	Verhardingslaag	Minder energie en Secundaire grondstoffen	Hergebruik	8	3	1	1	1	2	3	
20	Bio-based Asfalt	Asfalt	Verhardingslaag	Mengsels met een natuurlijk bindmiddel (lignine)	biobased	8	3	1	1	1	2	3	
21	Circulair beton op basis van freement	Beton	Verhardingslaag	Hergebruik cement	Hergebruik + Verminderen primair cement	8	3	1	1	1	2	3	
34	Bioway	Asfalt	Verhardingslaag	Biobased bindmiddel	biobased	8	3	1	1	1	2	3	
09	DurEko-mix Bio	Halfverharding	Verhardingslaag	Natuurlijk materiaal met biopolymeer	Natuurlijk materiaal	7	3	1	1	1	1	3	
10	Concrix	Beton	Verhardingslaag	Kunststofvezel in betonverharding	overige	7	2	1	0	1	2	3	
18	Gerecyceld asfalt 100%	Asfalt	Verhardingslaag	Secundaire grondstoffen	Hergebruik	7	2	1	1	0	2	3	
22	Ecoconcrete	Beton	Verhardingslaag	Hergebruik betongranulaat (30,50,100%)	hergebruik	7	2	1	1	0	2	3	
23	Sqape Geopolymeren	Beton	Verhardingslaag	Geopolymeren ipv cement	Verminderen primair cement	7	2	1	0	1	2	3	
32	Gebakken klinkers	Klei	Verhardingslaag	Natuurlijk materiaal met lange levensduur	Natuurlijk materiaal	7	1	0	0	1	3	3	
33	Natuursteen keien	natuursteen	Verhardingslaag	Natuurlijk materiaal met lange levensduur	Natuurlijk materiaal	7	1	0	1	0	3	3	
17	BGS-pad	Halfverharding	Verhardingslaag	Secundaire grondstoffen	Hergebruik	5	2	1	1	0	2	1	
24	plasticRoad	Plastic	Verhardingslaag	Gerecycled kunststoffen gebruiken als verhardingslaag / modulair	Hergebruik	5	2	1	1	0	1	1	1

Bijlage 2 Overzicht materialen losse deellocaties

Vrijkomende materialen in verhardingen

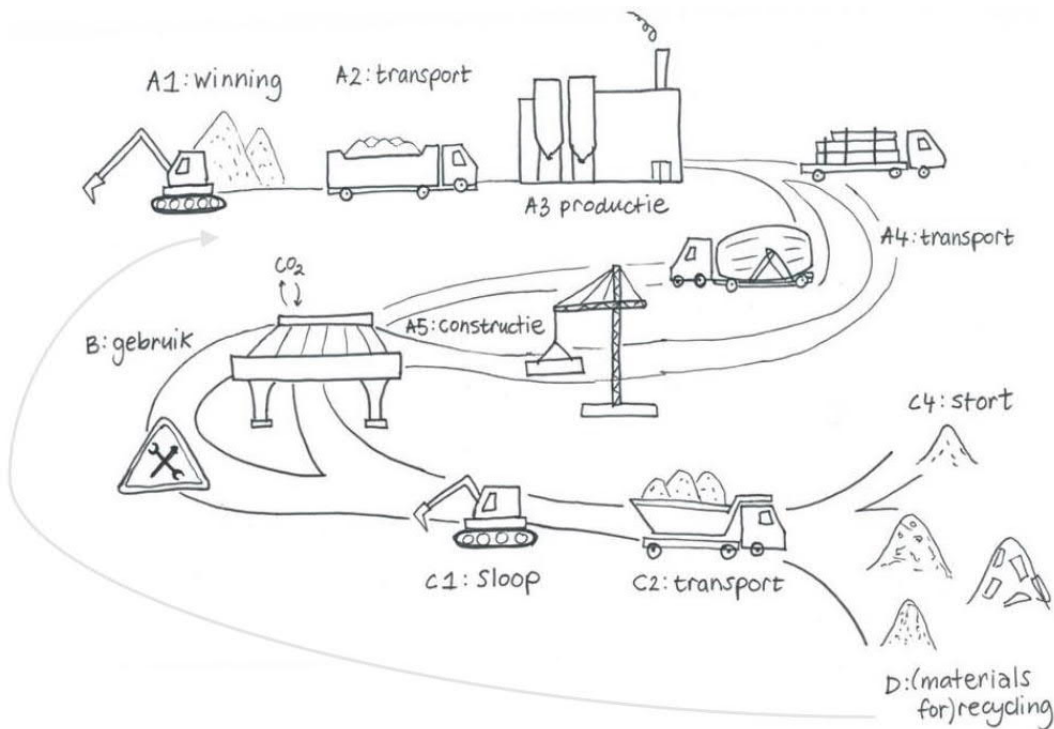
Locatie	Boringen	Monsters	Oppervlakte (m2)	Materiaalsoort	Laagdikte (m)	inhoud (m3)	s.g	gewicht (ton)	Niet herbruikbaar Asfaltgranulaat	Fundering	Herbruikbaar Asfaltgranulaat	Fundering	Cunetzand	
Parkeerterrein (asfalt 'oud')	A01_A001 t/m A01_A012	54 t/m 65	5620	Asfalt (herbruikbaar)	0,09	509	2,5	1272		1372	509		2810	
			5620	Gebonden slak (afvoer/behouden?)	0,244	1372	2,2	3019						
			5620	Cunetzand	0,50	2810	1,7	4777						
Toegangsweg (asfalt teerhoudend)	A01_A020 t/m A01_A022 + A01_A013	67 t/m 69 + 66 (ivm teer)	1556	Teerhoudende slijtlaag (afvoer)	0,03	47	2,5	117	47		90	358	545	
			1556	Asfalt (herbruikbaar)	0,058	90	2,5	226						
			1556	(On)gebonden slak (herbruikbaar)	0,230	358	2,2	787						
			1556	Cunetzand	0,35	545	1,7	926						
Asfalt langs grondwal (asfalt 'vrij nieuw')	A01_A060 t/m A01_A065	70 t/m 75	2225	Asfalt (herbruikbaar)	0,07	159	2,5	399			159	831	1113	
			2225	Steenmengsel ongebonden (herbruikbaar)	0,373	831	1,9	1578						
			2225	Cunetzand	0,50	1113	1,7	1891						
Asfalt terrein (40% asfalt 'oud' en 60% asfalt 'vrij nieuw')	A01_A023 t/m A01_A057	20 t/m 53	16644	Asfalt (herbruikbaar)	0,08	1331	2,5	3328			1331	6298		
			16644	Steenmengsel ongebonden (herbruikbaar)		6298	1,9	11967						
					0,378									
			16644	Ongebonden slak (herbruikbaar)	0,302	5031	1,9	9559						5031
Asfalt inrit (asfalt 'vrij nieuw')	A01_A070 t/m A01_A073	76 t/m 78	800	Asfalt (herbruikbaar)	0,09	69	2,5	173			69	429	400	
			800	Steenmengsel ongebonden (herbruikbaar)	0,537	429	1,9	816						
			800	Cunetzand	0,50	400	1,7	680						
Asfalt camping noordzijde (asfalt 'vrij nieuw')	B01_A001 t/m B01_A018	79 t/m 96	8500	Asfalt (herbruikbaar)	0,09	727	2,5	1818			727	2852	2550	
			8500	Steenmengsel ongebonden (herbruikbaar)	0,336	2852	1,9	5419						
			8500	Cunetzand	0,30	2550	1,7	4335						
Asfalt bestaande rijbaan (asfalt 'oud')	B01_A030 t/m B01_A040	1 t/m 11	4870	Asfalt (herbruikbaar)	0,10	469	2,5	1173			469		1461	
			4870	Geen fundering aanwezig	0,00	0	0	0						
			4870	Basalt	0,30	1461	2,2	3214						
Asfalt noordzijde fase 1c (asfalt 'oud')	C01_A020 t/m C01_A027	12 t/m 19	3300	Asfalt (herbruikbaar)	0,19	627	2,5	1568			627		990	
			3300	Geen fundering aanwezig	0,00	0	0	0						
			3300	Cunetzand	0,30	990	1,7	1683						
			43515	Totaal (m3)					47	1372	3982	15800	18190	

Uit de diverse deellocaties kan mogelijk ook nog materiaal vrijkomen
Alleen is het lastig vast te stellen wat de civieltechnische herbruikbaar-
heid is op basis van het milieukundig bodemonderzoek.



Hergebruik in:	Laagdikte (m)	hergebruik %	Theoretisch beschikbaar opp	
Deklaag	0,04	30%	331849	
Deklaag	0,04	50%	199110	
Tussenlaag	0,05	60%	132740	
Tussenlaag	0,05	80%	99555	
Onderlaag	0,06	60%	110616	
Onderlaag	0,06	80%	82962	
Puinggranulaat	0,25	90%		56878
Zandbed	0,50	90%		
				32742

Bijlage 3 Activiteiten per fasen ten behoeve van MKI-berekening



BUILDING ASSESSMENT INFORMATION																
BUILDING LIFE CYCLE INFORMATION																
A 1 – 3 PRODUCT STAGE			A 4 – 5 CONSTRUCTION PROCESS STAGE		B 1 – 7 USE STAGE			C 1 – 4 END OF LIFE STAGE		SUPPLEMENTARY INFORMATION BEYOND BUILDING LIFE CYCLE						
A1 – Raw material supply	A2 – Transport	A3 – Manufacturing	A4 – Transport	A5 – Construction process	B1 – Use	B2 – Maintenance	B3 – Repair	B4 – Replacement	B5 – Refurbishment		C1 – De-Construction , demolition	C2 – Transport	C3 – Waste processing	C4 – Disposal	D - Benefits and loads beyond system boundary	
																Reuse- Recovery- Recycling Potential

Bijlage 4 OIA-berekening Profielen

Sweco Nederland B.V.

Project: Waterpark Veerse Meer
Projectnummer: 373445

Adviseur: Jaap van der Loo

Berekeningresultaat

Naam berekening 373445 Waterpark Veerse Meer - JLO

Levensduur Berekend 30 jaar.

Constructie

Laag	Naam	H mm	E MPa	Ss	Sf
Deklaag	DL-B 11	40	3.277	1,000	1,000
Onderlaag 1	RAW-onderlaagmengsel	42	4.886	1,000	1,000
Totaal		82	3.963		
Ongebonden fundering	Menggranulaat	250	400		
Onderfundering	Zand	300	100		
Ondergrond	Vaste klei	-	50		

Schade Criterium

		%	
Deklaag	DL-B 11	0	Vermoeiing onderin
Onderlaag 1	RAW-onderlaagmengsel	100	Vermoeiing onderin
Ongebonden fundering	Menggranulaat	-	
Onderfundering	Zand	-	Vervorming bovenop
Ondergrond	Vaste klei	-	Vervorming bovenop

Berekeningdetails

Constructielagen

Algemeen

Gefaseerd ontwerp

Bereken dikte van de laag

Constructielagen

Deklaag	40 mm	[HUIDIG] DL-B 11 (S: 4500; ε6: 115; fc: 1,4; ITSr: 80; HR: 4,0)
Onderlaag 1	42 mm	[HUIDIG] RAW-onderlaagmengsel (S: 8000; ε6: 105; fc: 0,2; ITSr: 70; HR: 4,5)
Totaal	82 mm	
Ongebonden fundering	250 mm	[HUIDIG] Menggranulaat (S: 400)
Onderfundering	300 mm	[HUIDIG] Zand (S: 100)
Ondergrond	- mm	[HUIDIG] Vaste klei (S: 50)

Verkeer

Verkeersbelasting

Ontwerpperiode	30,0 jaar
Aantal werkdagen per jaar	365
Snelheid vrachtverkeer	10 km/u

Aantal rijstroken per rijrichting	1
Rijstrookbreedte	3,00 m
Afst. kantstreep tot rand verhard.	0,50 m

Aslastspectrum

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	49,38
40-60	50	25,97
60-80	70	13,66
80-100	90	8,05
100-120	110	2,18
120-140	130	0,38
140-160	150	0,38
160-180	170	0,00
180-220	190	0,00
200-220	210	0,00

Bandenspectrum

Band	%
DL	38,00
EL	39,00
BB	23,00
SB	0,00

Verkeersintensiteit

Herkomst verkeersbelasting

Schatting Fase 1

Aantal motorvoertuigen per dag per richting	10	mvt/dag/ri
Percentage vrachtverkeer	100	%
Aantal vrachtauto's per dag per richting	10	vrw/dag/ri
Jaarlijke groei	2	%

Drooglegging

Hoogteligging bovenzijde verharding t.o.v. NAP	0,00 m
Hoogteligging grondwaterspiegel t.o.v. NAP	0,00 m
Opbolling grondwaterspiegel	0,00 m
Capilaire stijghoogte	0,00 m
Restzetting	0,00 m
Droogleggingsdiepte	0,00 m
Vorstindringingsdiepte	0,00 m

Ontwerpinstellingen

Betrouwbaarheid	75 %	Vermoeiing onder in asfalt	☒
Toelaatbaar schadepercentage	15 %	Verbrijzeling boven in fundering	☐
Ontwerpmode	Standaard	Breuk onder in gebonden fundering	☐
		Vermoeiing onder in gebonden fundering	☐
		Permanente deformatie in onder fundering	☐
		Permanente deformatie in ondergrond	☐

Tussenresultaat

Aslastklasse	Reken waarde	EL rek	DL rek	BB rek	SB rek
20-40	30	108	51	103	105
40-60	50	152	83	148	152
60-80	70	186	115	183	189
80-100	90	214	145	211	219
100-120	110	240	175	236	245
120-140	130	263	204	258	268
140-160	150	286	232	277	289
160-180	170	308	259	296	308
180-220	190	331	286	314	326
200-220	210	355	312	331	344

Toetsen

Asfalteigenschappen: Deklaag

- De weerstand tegen vermoeiing(ϵ_6) is lager dan 130 $\mu\text{m/m}$.

Details van de constructielagen

Deklaag

Naam	DL-B 11	Herkomst gegevens	
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 11	Toepasbaar als deklaag	☒
Minimum laagdikte	20 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☐
Maximum laagdikte	50 mm	Toepasbaar als onderlaag	☐
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,219174456	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	3,0 %	Holle ruimte	4,0 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	1,4
Stijfheidsmodulus (50%)	4.500 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	115 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	39,176619630	Vermoeiingscoëfficiënt C4	-
	0691		1,0021915163
			7628
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-
	0,0644494450		0,2126107343
	589267		96083
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,4043632480	Healingfactor	4,00
	2624		

Onderlaag 1

Naam	RAW-onderlaagmengsel	Herkomst gegevens	
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 16	Toepasbaar als deklaag	☐
Minimum laagdikte	25 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☐
Maximum laagdikte	60 mm	Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,618546968	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	3,0 %	Holle ruimte	4,5 %
ITSR	70 %	Weerstand permanente vervorming	0,2
Stijfheidsmodulus (50%)	8.000 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	105 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	39,176585	Vermoeiingscoëfficiënt C4	-1,058189
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,212611
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	4,00

Ongebonden fundering

Naam	Menggranulaat	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	400 MPa	Poissongetal	0,35
Toelaatbare buigtrekspanning	128 KPa	Zelfbindende fundering	☐

Onderfundering

Naam	Zand	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	100 MPa	Poissongetal	0,35

Ondergrond

Naam	Vaste klei	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	50 MPa	Poissongetal	0,35