



Rapport

Duurzaam materiaal fietspaden



Opdrachtgever:
Gemeente Coevorden

Projectnummer:
31061203

Datum:
3 december 2020

**Bezoekadres**

Dorpsstraat 20
7683 BJ Den Ham

Postadres

Postbus 12
7683 ZG Den Ham

T +31 (0) 546 67 88 88
F +31 (0) 546 67 28 25
E info@roelofsgroep.nl

Tevens vestigingen in

Sneek
Spijkenisse
Stadskanaal
Steenwijk
Veenendaal

Projectgegevens

Naam:
Nummer: 31061203
Documentnummer: R01-D01-31061203-cml
Status: Definitief/01
Datum: 3 december 2020
Auteur: C. van Mossel MSc.

Opdrachtgever

Gemeente Coevorden
Postbus 2
7740 AA Coevorden

Autorisatie

Naam: Ing. T. Strating
Handtekening:
Datum: 3 december 2020

Niets uit deze rapportage mag worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de opdrachtgever. Noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.



Inhoudsopgave

Inleiding.....	IV
1 Methodiek	5
1.1 Milieukostenindicator	5
1.2 Total Cost of Ownership (TCO)	5
1.3 Fietscomfort	5
1.4 Technology Readiness Level (TRL)	5
1.5 Omschrijving varianten	6
2 Milieukosten	9
2.1 Waarom MKI bepaling?	9
2.2 DuboCalc Bibliotheek	9
2.3 Overzicht MKI resultaten	9
3 Total Cost of Ownership	11
4 Fietscomfort	14
4.1 Belang fietscomfort.....	14
4.2 Beoordeling	14
4.2.1 Vlakheid	14
4.2.2 Stroefheid & Textuur.....	15
4.2.3 Afwatering	15
4.2.4 Geleiding	16
4.3 Eindbeoordeling	16
5 Technology Readiness Level.....	18
5.1 Toelichting Technology Readiness Level's	18
5.1.1 Level 1: Fundamenteel onderzoek.....	18
5.1.2 Level 2: Toegepast onderzoek	18
5.1.3 Level 3: Proof of concept	18
5.1.4 Level 4: Implementatie en test prototype	18
5.1.5 Level 5: Validatie prototype	18
5.1.6 Level 6: Demonstratie prototype in testomgeving	18
5.1.7 Level 7: Demonstratie prototype in operationele omgeving	18
5.1.8 Level 8: Product / dienst is compleet en operationeel	19
5.1.9 Level 9: Marktintroductie product/dienst/procedé	19
5.2 Technology Readiness Level per variant	19
6 Conclusie.....	21
6.1 Plastic Road	22
6.2 Asfalt	22
6.2.1 Asfalt op zand	22

6.2.2	Asfalt op puin	22
6.3	Lignine	23
6.3.1	Lignine asfalt op zand	23
6.3.2	Lignine asfalt op puin	23
6.4	Ecofalt	23
6.4.1	Ecofalt op zand	23
6.4.2	Ecofalt op puin	23
6.5	Gestort beton	23
6.5.1	Gestort beton op zand	23
6.5.2	Gestort beton op puin	23
6.6	Prefab beton	23
6.6.1	Prefab beton op zand	23
6.6.2	Prefab beton op puin	24
6.7	Cementloos beton	24
6.7.1	Cementloos beton op zand	24
6.7.2	Cementloos beton op puin	24
6.8	(Bio) Composiet	24

Bijlagen

I. Dwarsprofielen fietspaden Coevorden

Inleiding

Voor u ligt de rapportage Duurzame verhardingen Coevorden. Gemeente Coevorden is op zoek naar duurzame alternatieven voor traditionele verharding. In deze rapportage is er gekeken naar verschillende varianten van verhardingen voor fietspaden. Echter, veel van deze varianten zijn ook toe te passen voor andere infrastructuur in de openbare ruimte.

In de verschillende fases om tot een fietspad te komen (planfase, ontwerpfase en realisatie) zijn er drie onderwerpen inzichtelijk gemaakt om zodanig een goed gewogen beslissing te kunnen maken: de milieukosten, financiële kosten en het fietscomfort. Aangezien er diverse innovatieve verhardingsopties zijn meegenomen in deze rapportage, hebben wij het Technical Readiness Level (TRL) ook meegenomen. Dit geeft aan hoe ver een alternatief is in de ontwikkeling, en of het al op grote schaal toegepast kan worden.

De gemeente Coevorden heeft duurzaamheid en circulaire economie hoog in het vaandel staan. Ze wil fors inzetten op de principes van de circulaire economie en het circulair bouwen en produceren stimuleren. De circulaire economie krijgt een belangrijke plaats in het gemeentelijk beleid en in de aanbestedingsvoorwaarden. In de komende jaren wil de gemeenten Coevorden, al dan niet in samenwerking met andere partijen de fietspaden waar nodig upgraden. Hiervoor dient een goede afweging gemaakt te worden tussen de milieu-impact over de gehele levensduur van de verschillende verhardingsvarianten, de totale kosten voor de eindgebruiker (Total Cost of Ownership), en daarnaast is ook het fietscomfort van groot belang. Door deze drie thema's te scoren en tegen elkaar af te wegen, kan voor de aanpak van ieder fietspad in de gemeente de beste variant worden gekozen. Daarnaast zijn zoals gezegd de TRL's meegenomen, zodat gemeente Coevorden kan zien hoe ver de verschillende alternatieven zijn qua ontwikkeling.

Dit rapport zal inzicht geven in de milieu-impact, TCO, het fietscomfort en de TRL's voor 15 verschillende dwarsprofielen. Er is al veel op de markt, maar er zijn ook verhardingsopties die nog in de ontwikkelingsfase zitten. Daarnaast is er gekeken naar de regionale beschikbaarheid van zowel materialen, bedrijven als kennis. Met de resultaten van deze rapportage wordt de gemeente Coevorden in staat gesteld een goed gewogen keuze te maken op basis van deze vier categorieën.

1 Methodiek

Tijdens dit onderzoek naar duurzame alternatieven voor verhardingen in fietspaden is gekeken naar vier aspecten:

1. De Milieukostenindicator (MKI)
2. Total Cost of Ownership (TCO)
3. Fietscomfort
4. Technology Readiness Level (TRL)

Ze worden hieronder alle vier kort toegelicht.

1.1 Milieukostenindicator

De milieu-impact van een GWW-project wordt uitgedrukt in de Milieukostenindicator (MKI). De software om dit uit te rekenen is DuboCalc. Voor deze rapportage is DuboCalc software versie 5.1.1 gebruikt, met de Nationale Milieudatabase versie 2.3 – 6.01.27092018. De milieukosten worden berekend over een periode van 40 jaar. De MKI is gebaseerd op 12 milieufactoren die samen de schaduwprijs bepalen. Een lagere MKI betekent minder milieubelasting.

1.2 Total Cost of Ownership (TCO)

De Total Cost of Ownership (TCO) voor alle varianten is opgesteld door een kostenspecialist van Roelofs en zijn net als voor de milieukosten ook op basis van een levensduur van 40 jaar berekend. Over deze lange periode is de Consumentenprijsindex (CPI) gebruikt om het prijsverloop over deze periode te corrigeren. De CPI meet de prijsontwikkeling van alle consumptieve bestedingen van Nederlandse consumenten en is een belangrijke maatstaf voor inflatie. De index geeft het prijsverloop weer van een pakket goederen en diensten zoals dagelijkse boodschappen, benzine, en verzekeringspremies.

1.3 Fietscomfort

Bij de beoordeling is gekeken naar de verhardingstypen op inrichtingsniveau, oftewel het soort verhardingstype zoals asfalt, beton of klinkers. Belangrijke inrichtingsaspecten die het aspect comfort bepalen, zijn: vlakheid, stroefheid & textuur, afwatering en geleiding. Uiteindelijk is hier een gewogen score van gemaakt die de verschillende dwarsprofielen op basis van fietscomfort met elkaar vergelijkt.

1.4 Technology Readiness Level (TRL)

Technology Readiness Levels (TRL's) zijn ooit door de NASA ontwikkeld om aan te geven in welke fase de ontwikkeling van een nieuwe technologie zit. Er worden 9 TRL's onderscheiden. Hoe hoger het level, hoe dichter de innovatie zit bij het op de markt brengen. De 9 levels zijn weer gegroepeerd in vier overkoepelende fasen:

1. De Discovery fase (TRL 1, 2 & 3)
2. De Development fase (TRL 4, 5 en 6)
3. De Demonstration fase (TRL 7 & 8)
4. De Deployment fase (TRL 9)

1.5 Omschrijving varianten

In opdracht van de gemeente Coevorden zijn er vijftien dwarsprofielen geïdentificeerd en onderzocht op de milieu-impact, TCO, fietscomfort en TRL:

1. Plastic Road
2. Asfalt op zand
3. Asfalt op puin
4. Lignine Asfalt op zand
5. Lignine Asfalt op puin
6. Ecofalt op zand
7. Ecofalt op puin
8. Beton (gestort) op zand
9. Beton (gestort) op puin
10. Prefab beton op zand
11. Prefab beton op puin
12. Cementloos beton op zand
13. Cementloos beton op puin
14. (Bio) Composiet op zand
15. (Bio) Composiet op puin

Alle varianten zijn bekeken op zowel een zandbed als puinfundering, met uitzondering van de Plastic Road. Asfalt, gestort beton en prefab beton zijn traditionele verhardingen. Cementloos beton is een duurzaam alternatief, maar wel al doorontwikkeld en dus op grote schaal produceerbaar. Ecofalt zit in de laatste fase van de ontwikkeling en is in principe al toepasbaar op grote schaal. Plastic Road zit nog in de ontwikkeling, maar kan naar eigen zeggen vanaf kwartaal 1 2021 op grote schaal geproduceerd worden. Waarbij wel rekening gehouden moet worden dat de Plastic Road vaak een oplossing is voor complexe en lokale problemen en niet aan te raden is voor lange afstanden.

Lignine asfalt is een innovatief asfaltmengsel, waarbij de natuurlijke lijmstof lignine als alternatief dient voor bitumen. Het geeft net als bitumen structuur en houvast en kan in grote hoeveelheden worden geproduceerd. Op een aantal locaties liggen reeds proefvakken in de openbare ruimte, zoals op de campus van Wageningen University & Research en op enkele plaatsen in Zeeland. Verschillende leveranciers en aannemers zijn op moment van schrijven nog steeds bezig met de doorontwikkeling hiervan. (Bio) Composiet is een houten fietspad, waar vooralsnog weinig ervaring mee is. Wel is er een biocomposiet fietsbrug aangelegd in Friesland, de fietsbrug Ritsumasyl. Deze is eind 2019 aangelegd waarbij men nog bezig is met het monitoren hiervan en het optimaliseren van de innovatie.

Om de varianten goed met elkaar te kunnen vergelijken, is bij alle varianten uit gegaan van een fietspad van 3 meter breed en 1 kilometer lang. Op de volgende pagina is op afbeelding 1, 2, 3 en 4 te zien hoe de verschillende verhardingen er uit zien.



Figuur 1 Ecofalt



Figuur 2 Biocomposiet



Figuur 3 Beton



Figuur 4 Plastic Road

2 Milieukosten

2.1 Waarom MKI bepaling?

In Nederland gaan we steeds meer van een productie economie naar een circulaire economie. Binnen de grond-, weg- en waterbouwsector wordt hergebruik van materiaal al enige jaren toegepast. Ook de keuze van grondstoffen voor het maken van producten wordt steeds belangrijker.

In de Green Deal Duurzaam GWW 2.0, die door vrijwel alle belangrijke spelers in de GWW is ondertekend, worden vier instrumenten geïdentificeerd om duurzaamheid vorm te geven. Eén daarvan is de Milieukostenindicator, een methode om op basis van een levenscyclus analyse (LCA) de milieu-impact in een getal weer te geven. De MKI-waarde geeft de milieubelasting van een civieltechnisch werk aan. Hoe lager de waarde, hoe minder milieubelasting. Ontwerpen die qua materialen flink van elkaar verschillen, verschillen ook aanzienlijk in 'milieuvriendelijkheid'.

Rijkswaterstaat heeft een methode ontwikkeld waarmee de milieueffecten van een materiaal of een civieltechnisch bouwwerk te berekenen zijn. Met dit programma zijn alle milieueffecten van een materiaal vanaf de winning tot en met de sloop (dus de gehele levenscyclus) en het energiegebruik van een Grond- Weg- en Waterbouwwerk te berekenen. Vervolgens rekent DuboCalc deze effecten – én de effecten van alle andere materialen die ook in dat GWW-werk toegepast worden – om via de zogenaamde 'schaduwprijsmethode' tot één getal: de Milieukostenindicator-waarde (MKI-waarde).

2.2 DuboCalc Bibliotheek

In bijlage I zijn de 15 dwarsprofielvarianten op tekening te zien. In DuboCalc zijn al deze profielen aangemaakt en vervolgens zijn alle toe te passen materialen en grondstoffen aan de dwarsprofielen toegevoegd. De hoeveelheden uit de dwarsprofielen zijn berekend per 1000 meter met een breedte van 3 meter. De meeste materialen en grondstoffen uit de profielen zijn opgenomen in de DuboCalc Bibliotheek, maar voor enkele elementen was dit niet het geval. Voor deze elementen is op basis van een product specifieke LCA toch een MKI bepaald.

Na het invoeren van alle benodigde materialen en grondstoffen per profiel verzorgt DuboCalc de milieuberekeningen conform de rekenregels vanuit de stichting Bouwkwaliiteit. In de berekening in deze rapportage zijn zowel categorie 1 als 3 data gebruikt uit de Nationale Milieudatabase.

2.3 Overzicht MKI resultaten

Alle vijftien dwarsprofielen zijn zodanig opgebouwd zoals ze in praktijk worden toegepast. Hierdoor kan bijvoorbeeld de fundering voor een asfaltconstructie een andere zijn dan voor een betonconstructie. De toegepaste materialen en grondstoffen verschillen in aantal en in hoeveelheden, maar zijn altijd gebaseerd op 3 meter breed en 1 km lang. In tabel 1 staat voor ieder dwarsprofiel dat berekend kon worden de verdeling in MKI qua materiaal- en grondstofverdeling. Voor Plastic Road, Lignine, Ecofalt en (Bio) Composiet is op dit moment helaas onvoldoende bekend om de MKI-waarde uit te rekenen.

Tabel 1 MKI-waarde per dwarsprofiel in euro's

Profiel	MKI in €
Profiel 1 – Plastic Road (KWS)	Onvoldoende datakwaliteit
Profiel 2 – Asfalt op zand	20.000,65
Landzand (per as)	10.593,62
AC 11 Surf	5.386,37
AC 22 Base	2.626,25
Grond (per as) afvoeren	1.394,41
Profiel 3 – Asfalt op puin	18.805,32
Landzand (per as)	6.513,50
Menggranulaat 200 mm	2.941,59

AC 11 Surf	5.386,37
AC 22 Base	2.626,25
Grond (per as) afvoeren	1.337,61
Profiel 4 – Lignine asfalt op zand	Onvoldoende datakwaliteit
Profiel 5 – Lignine asfalt op puin	Onvoldoende datakwaliteit
Profiel 6 – Ecofalt op zand	Onvoldoende datakwaliteit
Profiel 7 – Ecofalt op puin	Onvoldoende datakwaliteit
Profiel 8 – Beton (gestort) op zand	25.970,40
Landzand (per as)	10.016,74
Betonmortel C30/37 (CEM III)	10.309,93
Grond (per as)	4.265,51
Grond (per as) afvoeren	1.378,22
Profiel 9 – Beton (gestort) op puin	21.964,07
Landzand (per as)	6.293,24
Menggranulaat 200 mm	565,05
Betonmortel C30/37 (CEM III)	10.309,93
Grond (per as)	3.421,78
Grond (per as) afvoeren	1.356,07
Profiel 10 – Prefab beton op zand	23.862,25
Landzand (per as)	9.911,85
Prefab beton	8.664,60
Grond (per as)	3.937,40
Grond (per as) afvoeren	1.348,40
Profiel 11 – Prefab beton op puin	19.155,30
Landzand (per as)	5.244,36
Menggranulaat 200 mm	565,05
Grond (per as)	3.374,92
Prefab beton	8.664,60
Grond (per as) afvoeren	1.306,37
Profiel 12 – Cementloos beton op zand	23.239,37
Landzand (per as)	10.016,74
Grond (per as)	4.218,65
Betonmortel cementloos	7.680,00
Grond (per as) afvoeren	1.323,98
Profiel 13 – Cementloos beton op puin	20.442,26
Landzand (per as)	7.419,36
Grond (per as)	3.421,78
Menggranulaat 200 mm	565,05
Betonmortel C30/37 (CEM III)	7.680,00
Grond (per as) afvoeren	1.356,07
Profiel 14 – (Bio) Composiet op zand	Onvoldoende datakwaliteit
Profiel 15 – (Bio) Composiet op puin	Onvoldoende datakwaliteit

Van de volgende materialen en/of grondstoffen is categorie 3 data gebruikt in DuboCalc:

- Landzand (per as)
- Grond (per as)
- Menggranulaat 200 mm
- Betonmortel C30/37 (CEM I)
- Prefab betonplaten
- Betonmortel C30/37 (CEM III)

Cat. 3 data houdt in dat het merkongebonden data is, waardoor er bovenop de MKI-waarde een onzekerheidsmarge van 30% komt. Om de verschillende verhardingen goed met elkaar te kunnen vergelijken, is in bovenstaande tabel de 30% van de MKI-waarde afgehaald.

Uit de tabel blijkt dat asfalt op puin de laagste MKI-waarde heeft, en dus de minste milieubelasting heeft. De hoogste MKI-waarde hoort bij Prefab beton op zand.

3 Total Cost of Ownership

Er is vanuit gegaan dat er een asfaltverharding ligt van duizend meter lang en drie meter breed. De initiële aanlegkosten zijn berekend met als uitgangspunt dat eerst de bestaande verharding moet worden opgebroken, en daarna de nieuwe constructie wordt opgebouwd. Hiervoor is gekozen om de uitkomsten van deze rapportage zo breed mogelijk toe te kunnen passen. Zowel voor nieuwe aanleg, als voor renovatie van bestaande fietspaden in de gemeente Coevorden.

Voor de 15 opties is een Total Cost of Ownership analyse gemaakt, inclusief onderhoudskosten voor een periode van 40 jaar. Over de onderhoudskosten is een CPI percentgave van 15% per 10 jaar mee genomen. De TCO van Plastic Road en (Bio) Composiet ontbreekt, omdat hier momenteel onvoldoende gegevens van zijn. De TCO voor de varianten met lignine zijn onder voorbehoud, aangezien de ontwikkelingen rondom deze mengsels snel veranderen.

Tabel 2 TCO per dwarsprofiel in euro's

DWP 1: Plastic Road (KWS)					Ca.	/m2
Totale kosten						
DWP 2: Asfalt op zand					Ca. € 135,95	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 172.545,00	
Na	15 Jaren	10% Bakfrezen		Aanbr. Slijtlaag	€ 31.421,25	
Na	23 Jaren	30% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 54.714,60	
Na	30 Jaren	60% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 149.161,50	
Totale kosten					€ 407.842,35	
DWP 3: Asfalt op puin					Ca. € 129,70	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 153.814,00	
Na	10 Jaren	10% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 31.421,25	
Na	23 Jaren	30% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 54.714,60	
Na	60 Jaren	60% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 149.161,50	
Totale kosten					€ 389.111,35	
DWP 4: Lignine asfalt op zand					Ca. 142,20	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 178.845,00	
Na	10 Jaren	10% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 32.193,00	
Na	23 Jaren	30% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 57.256,65	
Na	60 Jaren	60% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 158.296,50	
Totale kosten					€ 426.591,15	
DWP 5: Lignine asfalt op puin					Ca. € 135,95	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 160.113,60	
Na	10 Jaren	10% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 32.193,00	
Na	23 Jaren	30% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 57.256,65	
Na	60 Jaren	60% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 158.296,50	
Totale kosten					€ 407.859,75	

DWP 6: Ecofalt op zand					Ca. € 153,41	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 212.599,50	
Na	10 Jaren	10% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 30.594,38	
Na	23 Jaren	30% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 53.806,73	
Na	60 Jaren	60% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 163.229,40	
Totale kosten					€ 460.230,00	
DWP 7: Ecofalt op puin					Ca. 143,33	32/m2
Initiële kosten aanleg					€ 182.355,40	
Na	10 Jaren	10% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 30.594,38	
Na	23 Jaren	30% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 53.806,73	
Na	60 Jaren	60% Bakfrezen	&	Aanbr. Slijtlaag	€ 163.229,40	
Totale kosten					€ 429.986,10	
DWP 8: Beton (gestort) op zand					Ca. 106,89	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 200.256,00	
Na	15 Jaren	30% Voegvullingen	&	10% Betonreparaties	€ 39.690,00	
Na	30 Jaren	50% Voegvullingen	&	20% Betonreparaties	€ 80.736,00	
Totale kosten					€ 320.682,00	
DWP 9: Beton (gestort) op puin					Ca. € 94,24	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 209.784,00	
Na	15 Jaren	20% Voegvullingen	&	5% Betonreparaties	€ 26.827,50	
Na	30 Jaren	40% Voegvullingen	&	10% Betonreparaties	€ 46.110,00	
Totale kosten					€ 282.721,50	
DWP 10: Prefab beton op zand					Ca. 160,95	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 342.570,00	
Na	15 Jaren	10% Vervanging				€ 46.305,00
Na	30 Jaren	20% Vervanging				€ 93.960,00
Totale kosten					€ 482.835,00	
DWP 11: Prefab beton op puin					Ca. € 142,52	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 350.004,00	
Na	15 Jaren	5% Vervanging				€ 25.357,50
Na	30 Jaren	10% Vervanging				€ 52.200,00
Totale kosten					€ 427.561,50	
DWP 12: Cementloos beton op zand					Ca. € 111,04	/m2
Initiële kosten aanleg					€ 209.256,00	
Na	15 Jaren	30% Voegvullingen	&	10% Betonreparaties	€ 40.792,50	
Na	30 Jaren	50% Voegvullingen	&	20% Betonreparaties	€ 83.085,00	
Totale kosten					€ 333.133,50	

DWP 13: Cementloos beton op puin				Ca. € 97,24	/m2
Initiële kosten aanleg				€ 218.784,00	
Na	15 Jaren	20% Voegvullingen	&	5% Betonreparaties	€ 26.827,50
Na	30 Jaren	40% Voegvullingen	&	10% Betonreparaties	€ 46.110,00
Totale kosten				€ 291.721,50	
DWP 14: (Bio) Composiet op zand				Ca.	/m2
Totale kosten					
DWP 15: (Bio) Composiet op puin				Ca.	/m2
Totale kosten					

Uit de tabel kan worden opgemaakt dat de TCO van gestort beton op puin het meest voordelig is. Dit komt doordat er relatief weinig vervangen en/of gerepareerd hoeft te worden. Daarnaast is puin in aanschaf wat goedkoper dan zand. De minst voordelige TCO is die van prefab beton op zand. Dit komt door de hoge aanschafkosten, er moet meer gerepareerd worden en er is meer voegvulling noodzakelijk.

4 Fietscomfort

4.1 Belang fietscomfort

Fietsvriendelijke infrastructuur is onder meer bepalend voor het gebruik van het fietspad. Op netwerkniveau zijn er vijf hoofdeisen waaraan fietsvriendelijke infrastructuur moet voldoen:

- Samenhang (samenhangend geheel van herkomst en bestemmingen van fietsers);
- Directheid (omrijden blijft tot het minimum beperkt);
- Aantrekkelijkheid (de fietsvoorziening moet passen in de omgeving);
- Veiligheid (de fietsinfrastructuur waarborgt de verkeersveiligheid en de gezondheid);
- Comfort (fietsers moeten zo min mogelijk hinder en oponthoud ervaren).

Fietsinfrastructuur moeten passend zijn bij het gebruik. De breedte van hoofdfietsroutes zal dan ook variëren ten opzichte van de breedte van recreatieve fietspaden. Voor een goede vergelijking tussen de dwarsprofielen is gekozen voor een vaste breedte van het fietspad. In de praktijk zal de breedte van de fietspaden wat kunnen afwijken van de in dit onderzoek aangehouden breedte.

Omdat de Plastic Road (KWS) en (Bio) Composiet nog bijna niet toegepast zijn in de openbare ruimte, zijn er te weinig gegevens bekend om de verhardingen gevalideerd te beoordelen op fietscomfort. Daarom is er besloten deze twee verhardingstypen buiten beschouwing te laten bij het beoordelen van de fietscomfort.

4.2 Beoordeling

Bij de beoordeling is gekeken naar de verhardingstypen op inrichtingsniveau. Omdat er geen daadwerkelijke fietsroutes aangewezen zijn, kan er niet beoordeeld worden op netwerkniveau (oponthoud, hellingspercentage etc.).

Belangrijke inrichtingsaspecten die het aspect comfort bepalen, zijn:

- Verhardingsbreedte
- Vlakheid
- Stroefheid & Textuur
- Afwatering
- Geleiding

De aspecten verhardingsbreedte, vlakheid, stroefheid & textuur en afwatering zijn afkomstig van CROW-richtlijnen (*paragraaf 7.1.1 Ontwerpwijzer fietsverkeer*). Voor een uitgebreidere toetsing is hierbij het aspect geleiding toegevoegd. Omdat de dwarsprofielen zich niet onderscheiden in verhardingsbreedte, kan hier niet op getoetst worden.

De 12 gedefinieerde dwarsprofielen, dus de dwarsprofielen zonder Plastic Road en (Bio) Composiet, bestaan primair uit twee verschillende verhardingen, zie tabel 3.

Tabel 3 Verhardingstypen

Verhardingstype	Dwarsprofiel
Asfalt (traditioneel, lignine, ecofalt)	2-3-4-5-6-7
Beton (gestort, prefab, cementloos)	8-9-10-11-12-13

In tabel 4, 5, 6 en 7 zijn de scores te zien op basis van de bovenstaande inrichtingsaspecten. Onderstaand worden de vier verschillende inrichtingsaspecten getoetst. De twee verschillende verhardingen hebben een score gekregen van 1 of 2. De score 2 is hierbij beter dan score 1.

4.2.1 Vlakheid

De vlakheid van de verharding is bepalend voor de horizontale en verticale trillingen die de fietser ondervindt. De vlakheid is van groot belang voor het fietscomfort en, vooral als de vlakheid te wensen overlaat, ook voor de veiligheid. Oneffenheden kunnen tot ongevallen leiden wanneer de fietser daardoor uit balans wordt gebracht. Ook is de (on)vlakheid medebepalend voor het energieverlies dat de fietser tijdens zijn verplaatsing ondervindt (en met spierkracht moet

aanvullen). Met de toename van de fietssnelheid (e-bikes, racefietsen) worden de gebruikerseisen aan vlakheid hoger.

Tabel 4 Score vlakheid

	Asfalt	Beton
Vlakheid	2	1

Toelichting score

Asfalt

Asfalt is een gesloten verharding zonder naden en voegen. Over het algemeen is het comfort van asfalt hoger. Echter op fietspaden langs bomen kan wortelopdruk optreden. Dit kan op asfalt fietspaden leiden tot oneffenheden en discontinuïteit, echter wordt hier in de beoordeling niet vanuit gegaan.

Beton

Beton is eveneens een gesloten verharding, maar heeft wel voegen. Tussen prefab betonplaten of gestort beton zullen voegen en naden zitten wat enige (beperkte) discontinuïteit veroorzaakt.

4.2.2 Stroefheid & Textuur

De stroefheid van een verharding is van groot belang voor de gebruiker. De stroefheid is namelijk bepalend voor de remweg en de stabiliteit in bochten. Op een onvoldoende stroef wegdek zullen bestuurders van voertuigen niet snel genoeg tot stilstand kunnen komen. In bochten zullen zij onvoldoende grip hebben, waardoor de kans op slippen en vallen toeneemt.

Tabel 5 Score stroefheid & textuur

	Asfalt	Beton
Stroefheid en textuur	1	2

Toelichting score

Asfalt

Asfalt heeft over het algemeen een goede stroefheid en textuur. De deklaag van asfalt zal echter in de loop der tijd slijten, wat ten koste gaat van de stroefheid. De slijtage zal echter beperkt zijn aangezien er geen gemotoriseerd verkeer over de fietspaden rijdt.

Beton

Beton heeft over het algemeen een blijvend en goede stroefheid en textuur in een nog beter mate dan asfalt.

4.2.3 Afwatering

Omdat fietsers niet door een omhullende constructie worden beschermd tegen weersinvloeden, is een goede afwatering van groot belang. Het is niet alleen oncomfortabel om door plassen te moeten rijden, het is bovendien onveilig. Een fietser kan bij plasvorming namelijk niets of weinig zien van het onderliggende wegdek en dus ook niet of zich hierin (diepere) kuilen of rijsporen bevinden. Daardoor kunnen plassen leiden tot uitwijkmanoeuvres waar anderen niet op rekenen en mogelijk valpartijen. Ook zijn natte wegdekken minder stroef. Een goede afwatering wordt bereikt door het wegdek in een of twee dwarsrichtingen licht af te laten lopen en ervoor te zorgen dat het wegdek voldoende vlak blijft.

Tabel 6 Score afwatering

	Asfalt	Beton
Afwatering	2	1

Toelichting score

Asfalt

De gesloten verharding van asfalt zorgt voor een grote vlakheid en geen rijsporen. Over het algemeen is de afwatering hierom ook goed en zal er geen tot weinig plasvorming voordoen, mits de verkanting goed is.

Beton

De gesloten verharding van beton zorgt eveneens voor een grote vlakheid en geen rijsporen. De structuur van beton is echter iets ruwer dan asfalt. Hierdoor is de kans op enige plasvorming wel groter dan bij asfalt.

4.2.4 Geleiding

Geleiding kan zorgen voor een duidelijker wegbeeld. Markering kan fietsers duidelijker maken wat van hen verwacht wordt. Hierbij moet gedacht worden aan as- en kantmarking. As markering kan fietsers aantonen of ze zich op een tweerichtingsfietspad bevinden en kantmarkering kan zorgen voor een beter positie van de fiets op het fietspad. Naast markering heeft ook de kleur van de verharding invloed op het zicht van het wegbeeld. Een lichte kleur van verharding valt in het donker beter op.

Tabel 7 Score geleiding

	Asfalt	Beton
Geleiding	1	2

Toelichting score

Asfalt

Markering is goed aan te brengen op asfaltverhardingen. Tevens blijft de markering over het algemeen goed over een langere tijd. Asfalt is echter wel minder opvallend in het donker dan beton. Een rode deklaag kan positief bijdragen aan de opvallendheid van asfalt.

Beton

Markering is goed aan te brengen op een betonverharding. Tevens blijft de markering over het algemeen goed over een langere tijd. De lichte (grijze) kleur van beton is opvallender in het donker dan asfalt.

4.3 Eindbeoordeling

Tabel 8 toont de totale scores van de verhardingen zonder wegingsfactor. Hierin is duidelijk zichtbaar dat asfalt en beton op dezelfde eindscore uitkomen. Over Plastic Road en (Bio) Composiet kan vooralsnog geen uitspraak worden gedaan, aangezien dit innovatieve concepten zijn.

Tabel 8 Gemiddelde score aspecten verhardingstypen

Aspect	Asfalt	Beton
Vlakheid	2	1
Stroefheid & Textuur	1	2
Afwatering	2	1
Geleiding	1	2
Totaal	6	6

Eindscore na wegingsfactor

Aangezien bepaalde aspecten meer bepalend zijn voor het comfort, zijn er wegingsfactoren toegepast in tabel 9. Vlakheid is erg bepalend voor het comfort van het fietspad. Oneffenheden geven onder meer trillingen die gelijk voelbaar zijn voor fietsers. Daarnaast heeft vlakheid ook een direct verband met afwatering. Om deze reden heeft vlakheid de hoogste wegingsfactor (35%).

Het aspect vlakheid wordt gevolgd door de aspecten stroefheid & textuur en afwatering. Beide aspecten hebben een wegingsfactor van 25% gekregen. Geleiding draagt bij aan het comfort van het fietspad maar is echter niet zo bepalend als de andere aspecten. Dit doordat het een minder direct effect heeft. Hierdoor heeft geleiding de laagste wegingsfactor (15%).

Te zien is in tabel 9 dat de resultaten weinig verschillen met tabel 8. Tussen beide verhardingen is te zien dat asfalt over het totaal iets beter scoort dan beton. Dit komt doordat asfalt beter scoort op het aspect vlakheid.

Tabel 9 Gewogen totaalscore aspecten verhardingstypen na wegingsfactoren

Aspect	Wegingspercentage	Asfalt	Beton
Vlakheid	35%	0,7	0,35
Stroefheid & Textuur	25%	0,25	0,50
Afwatering	25%	0,50	0,25
Geleiding	15%	0,15	0,30
Totaal	100%	1,60	1,40

5 Technology Readiness Level

In Nederland, Europa en wereldwijd richten we ons op specifieke fases van innovatie en productontwikkeling. Om deze specifieke fases aan te duiden worden de Technology Readiness Levels (TRL's) gebruikt. In de jaren negentig heeft de NASA de TRL schaal ontwikkeld. Hierbij staat TRL 1 voor technologie aan het begin van de ontwikkeling en TRL 9 voor technologie die technisch en commercieel gereed is.

5.1 Toelichting Technology Readiness Level's

De TRL's, negen in totaal, kunnen worden onderverdeeld in vier fasen:

1. De Discovery fase (TRL 1, 2 & 3)
2. De Development fase (TRL 4, 5 & 6)
3. De Demonstration fase (TRL 7 & 8)
4. De Deployment fase (TRL 9)

De negen TRL's worden hieronder toegelicht.

5.1.1 Level 1: Fundamenteel onderzoek

Er wordt onderzoek gedaan naar het innovatieve idee en de basisprincipes van de innovatie. Men is hierbij bezig met fundamenteel onderzoek en deskresearch.

5.1.2 Level 2: Toegepast onderzoek

De basisprincipes zijn onderzocht en men gaat nu bezig met de formulering van het technologisch concept en de praktische toepassingen. In deze fase is men vooral bezig met experimenteel en/of analytisch onderzoek.

5.1.3 Level 3: Proof of concept

De toepasbaarheid van het concept wordt onderzocht op experimentele basis. Men toetst en valideert hypothesen over verschillende componenten van het concept.

5.1.4 Level 4: Implementatie en test prototype

Hier wordt het proof-of-concept uit level 3 op labschaal getest. Het design, de ontwikkeling en het testen van technologische componenten vinden plaats in een labomgeving. Men integreert technische basiscomponenten met elkaar om de werking te garanderen. Een prototype dat in deze fase wordt ontwikkeld, kost relatief weinig geld en tijd en is daarmee nog ver verwijderd van een definitief product, proces of dienst.

5.1.5 Level 5: Validatie prototype

Men onderzoekt de werking van het technologisch concept in een relevante omgeving. Dit is de eerste stap in de demonstratie van de technologie. Een prototype dat men in deze fase ontwikkelt, kost relatief veel tijd en geld en is niet ver verwijderd van het uiteindelijke product of systeem.

5.1.6 Level 6: Demonstratie prototype in testomgeving

Men gaat het concept uitgebreid testen en demonstreren in een relevante testomgeving. Deze testomgeving lijkt op een operationele omgeving, bijvoorbeeld in een pilot plant. Het testen vindt plaats na de technische validatie in een relevante omgeving. Het concept geeft inzicht in de werking van alle componenten te samen.

5.1.7 Level 7: Demonstratie prototype in operationele omgeving

Men gaat het concept testen en demonstreren in een gebruikersomgeving om werking in een operationele omgeving te bewijzen. De demonstratie van het concept in een praktijkomgeving levert men nieuwe inzichten op voor de definitieve markttoepassing van de innovatie.

5.1.8 Level 8: Product / dienst is compleet en operationeel

In deze fase krijgt de innovatie zijn definitieve vorm. Men heeft de technologische werking getest en het is bewezen dat het aan de gestelde verwachtingen, kwalificaties en normen voldoet. Daarnaast bepaalt men de financiële kaders voor (massa)productie en lancering.

5.1.9 Level 9: Marktintroductie product/dienst/procedé

De innovatie is technisch en commercieel productierijp en klaar voor lancering in de gewenste marktomgeving. Nu het totale ontwikkelingsproces is afgerond is de volgende stap het commercieel wegzetten van het product bij de gewenste doelgroep in de juiste markt.

5.2 Technology Readiness Level per variant

Bij de toelichting van de varianten is al kort besproken dat nog niet alle verhardingsopties voldoende doorontwikkeld zijn om op dit moment grootschalig in te zetten. Echter zijn ze wel meegenomen, vanwege de duurzaamheidswinst die te behalen valt als de innovaties gereed zijn. Nu de negen TRL's zijn uitgelegd, kan er gekeken worden per dwarsprofiel wat het desbetreffende TRL is. Die staan hieronder in tabel 9 weergegeven.

Tabel 10 Technology Readiness Level (TRL) per dwarsprofiel

Dwarsprofiel	TRL
Plastic Road (KWS)	7
Asfalt op zand	9
Asfalt op puin	9
Lignine asfalt op zand	7
Lignine asfalt op puin	7
Ecofalt op zand	8
Ecofalt op puin	8
Beton (gestort) op zand	9
Beton (gestort) op puin	9
Prefab beton op zand	9
Prefab beton op puin	9
Cementloos beton op zand	9
Cementloos beton op puin	9
(Bio) Composiet op zand	3
(Bio) Composiet op puin	3

Zoals in de tabel te zien is, zijn traditioneel asfalt en de drie betonsoorten technisch en commercieel gereed. Asfalt, gestort beton en prefab beton zijn traditionele verhardingen. Die worden al lang gebruikt, en worden vaak ingezet als verharding voor fietspaden. Cementloos beton is ook een duurzamere variant, maar bestaat al een tijd en kan tevens op grote schaal toegepast worden.

Ecofalt zit momenteel op een TRL van 8. De verhardingsconstructie ligt al op zo'n 25 locaties in de openbare ruimte, en kan in principe al op grote schaal geproduceerd worden

De Plastic Road heeft een TRL van 7. TRL 7 houdt in dat de ontwikkelaars de innovatie gaan testen in een gebruikersomgeving. Dat is momenteel de status van de Plastic Road, waarvan een pilot ligt in zowel gemeente Zwolle als Giethoorn. Sinds september 2018 ligt het fietspad in Zwolle, eind 2018 is er nog een pilot fietspad geplaatst in Giethoorn. Deze pilots hebben wel een beperkte omvang, ze zijn beiden namelijk maar 30 meter lang. De pilots worden ondertussen bijna twee jaar gemonitord. Naar verwachting zijn de ontwikkelaars in kwartaal 1 van 2021 klaar om het op grote schaal te gaan produceren en op de markt te brengen.

Lignine heeft tevens een TRL van 7. Het is een product dat ook al op enkele plaatsen in de openbare ruimte getest is, namelijk op de campus van Wageningen University & Research, in de provincies Zeeland en Overijssel. Echter moeten er nog ontwikkelingen doorgevoerd worden en is het product nog niet klaar om op grote schaal te produceren en toe te passen. Doormiddel van het

innovatieprogramma CHAPLIN, zijn verschillende partijen in een samenwerkingsverband om asfalt met lignine door te ontwikkelen naar het hoogste TRL niveau.

(Bio) Composiet ligt op dit moment in Emmen als fietspad, maar is nog een stuk verder verwijderd van grootschalige toepassing dan de Plastic Road. Lichtmasten gemaakt van biocomposiet kunnen wel al toegepast worden, voor fietspaden is de ontwikkeling gewoon nog niet ver genoeg. Het is zeker interessant om deze ontwikkeling in de gaten te houden vanwege de potentiële duurzaamheidswinst die behaald kan worden. Hogeschool NHL/Stenden in Emmen doet onderzoek naar deze de toepassing van composieten in de infra en kan in biedt de mogelijkheid om als regionale partner dit verder te brengen.

6 Conclusie

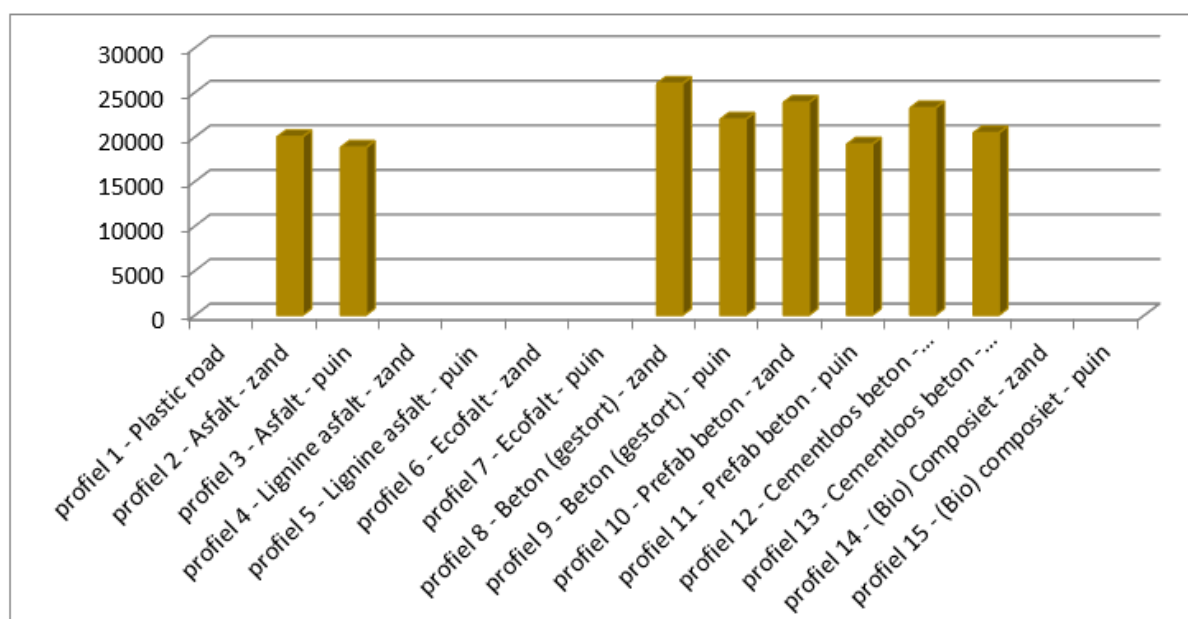
Wanneer de fietspaden in de gemeente Coevorden in aanmerking komen voor een upgrade zijn de uitkomsten van deze rapportage de eerste stap richting een keuze voor een variant. Deze keuze is een afweging van de MKI, TCO, het Fietscomfort en de TRL. Voor iedere locatie binnen de gemeente kan deze keuze anders uitvallen. Ook de specifieke eisen binnen een project spelen mee.

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten van alle dwarsprofielen nog eens op een rijtje gezet.

Tabel 11 MKI, TCO, Fietscomfort en TRL per dwarsprofiel

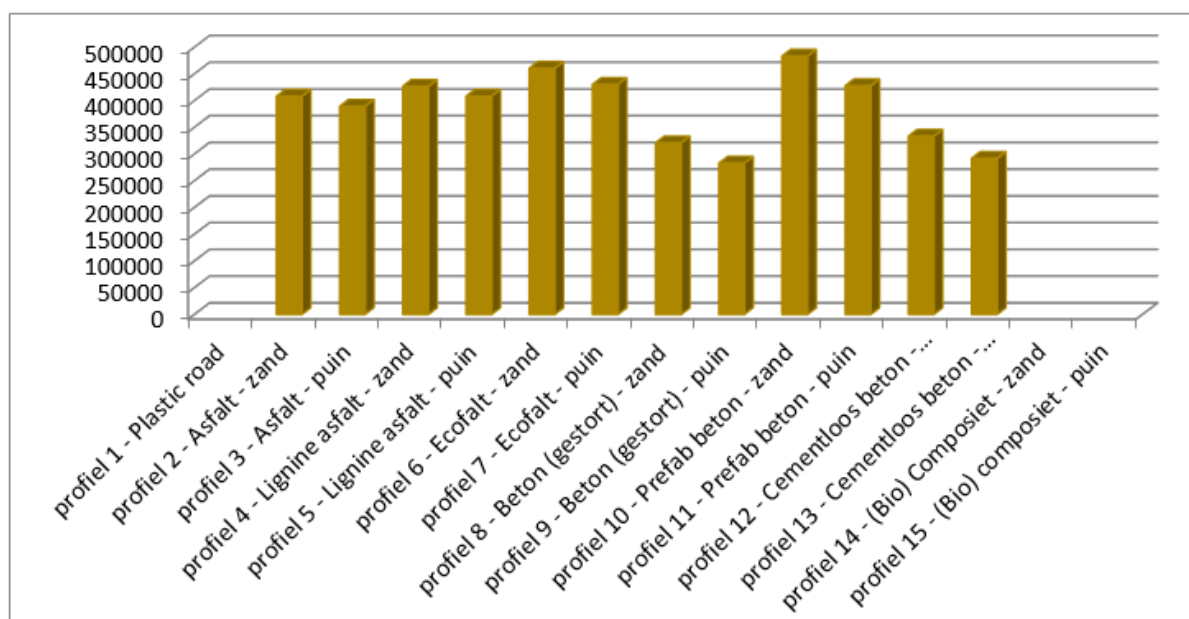
	MKI	TCO	FIETSCOMFORT	TRL
DWP 01: Plastic Road (KWS)				7
DWP 02: Asfalt op zand	20.000,65	407.842,35	1,60	9
DWP 03: Asfalt op puin	18.805,32	389.111,35	1,60	9
DWP 04: Lignine asfalt op zand		426.591,15	1,60	7
DWP 05: Lignine asfalt op puin		407.859,75	1,60	7
DWP 06: Ecofalt op zand		436.746,30	1,60	8
DWP 07: Ecofalt op puin		411.107,40	1,60	8
DWP 08: Beton (gestort) op zand	25.970,40	320.682,00	1,40	9
DWP 09: Beton (gestort) op puin	21.964,07	282.721,50	1,40	9
DWP 10: Prefab beton op zand	23.862,25	482.835,00	1,40	9
DWP 11: Prefab beton op puin	19.155,30	427.561,50	1,40	9
DWP 12: Cementloos beton op zand	23.239,37	333.133,50	1,40	9
DWP 13: Cementloos beton op puin	20.442,26	291.721,50	1,40	9
DWP 14: (Bio) Composiet op zand				3
DWP 15: (Bio) Composiet op puin				3

In onderstaande figuur is de MKI voor zover bekend in een grafiek weergegeven.



Figuur 5 MKI per dwarsprofiel

In onderstaande grafiek is de TCO per dwarsprofiel voor zover bekend weergegeven.



Figuur 6 TCO per dwarsprofiel

Er zal per dwarsprofiel een korte toelichting worden gegeven op de resultaten. Hierbij moeten twee dingen op voorhand geconcludeerd worden:

1. Asfalt op zand is zeer ongebruikelijk tegenwoordig;
2. Beton op puin wordt ook praktisch niet meer toegepast.

6.1 Plastic Road

Plastic Road is een vrij nieuw concept, waardoor er nog niet heel veel over bekend is. Plastic Road is een innovatie die diverse problematiek in één keer aanpakt. Zo is het snel aan te leggen, waardoor er weinig overlast voor de omgeving is. Vooral in stedelijk gebied is dit een groot voordeel. Daarnaast is het een goede oplossing voor locaties waar veel waterproblematiek heerst, door het buffervermogen. Echter is de aanschafprijs relatief hoog, dus het is wel van belang dat er sprake is van een situatie waar het snel aangelegd moet worden en veel wateroverlast is. Anders wegen de kosten niet op tegen de baten. Daarbij moet wel gezegd worden dat het een duurzaam alternatief is op het gebied van het reduceren van plastic afval. Dit doordat het afval niet verbrand wordt, maar op een andere manier opnieuw wordt toegepast. Hergebruik van het plastic bij einde levensduur is echter wel een punt van zorg.

6.2 Asfalt

6.2.1 Asfalt op zand

Een variant die tegenwoordig zelden wordt toegepast. De MKI van asfalt op zand is ten opzichte van andere alternatieven positief, alleen asfalt op puin heeft een lagere MKI. De TCO van asfalt op zand is € 407.842,35. Dit zijn vrij hoge kosten. Dit komt voornamelijk door de steeds hoger wordende onderhoudskosten. Het is tot slot comfortabeler voor de fietser dan beton.

6.2.2 Asfalt op puin

Asfalt op puin heeft van de verhardingsconstructies die bekend zijn de meest positieve MKI-waarde. Ook liggen de TCO-kosten laag en is er zeer veel ervaring met deze variant. Het is niet erg innovaties, maar een zeer degelijk en betrouwbare variant.

6.3 Lignine

6.3.1 Lignine asfalt op zand

Er is momenteel nog geen MKI-waarde bekend van Lignine, waardoor lignine niet met de andere verhardingstypen vergeleken kan worden op MKI-waarde. Wel is de voorlopige TCO bekend, deze ligt net iets hoger dan traditioneel asfalt. Daarbij is lignine voorlopig niet toepasbaar op grote schaal, omdat het product nog in de ontwikkelfase zit. Wel wordt er aangeraden deze ontwikkeling in de gaten te houden, omdat het een duurzamere variant betreft ten opzichte van traditioneel asfalt. Als het eenmaal op grote schaal toepasbaar is, zullen naar verwachting de kosten ook dalen.

6.3.2 Lignine asfalt op puin

Uit de tabel is op te maken dat lignine asfalt op puin een betere TCO heeft ten opzichte van lignine op zand. Daarom wordt er aangeraden om in de toekomst lignine asfalt op puin toe te passen in plaats van lignine asfalt op zand.

6.4 Ecofalt

6.4.1 Ecofalt op zand

Het bedrijf Ecofalt is op moment van schrijven nog bezig met het berekenen van de MKI-waarde, en is derhalve nog niet bekend. Er wordt wel geclaimd door de producent dat de MKI-waarde lager uit zal vallen dan de andere traditionele asfaltconstructies. Dit komt doordat Ecofalt koud geproduceerd wordt, waardoor hier minder aardgas gebruikt wordt en er tijdens de productie geen CO₂ vrijkomt. De TCO van Ecofalt op zand is wel relatief hoog. Deze variant zal in praktijk zelden worden toegepast, een variant met puinfundering ligt voor de hand.

6.4.2 Ecofalt op puin

De TCO van Ecofalt op puin valt wat lager uit dan de constructie op zand. Dit is het gevolg van de lagere aanschafkosten van menggranulaat ten opzichte van zand. Zoals bij de overige asfaltconstructies is de variant op een puinfundering het meest logische.

6.5 Gestort beton

6.5.1 Gestort beton op zand

Beton heeft een iets lager fietscomfort over het algemeen dan asfalt, zoals toegelicht in hoofdstuk 4. Echter heeft beton als grote voordeel dat het een langere levensduur heeft ten opzichte van asfalt, en dus minder vaak vervangen hoeft te worden. Ook valt hierdoor de TCO lager uit dan bij asfalt. Echter is beton wel duurder in aanschaf ten opzichte van asfalt.

6.5.2 Gestort beton op puin

Net als bij asfalt, ligt de TCO ook bij beton lager met een puinfundering dan een zandbed. Dit komt doordat er bij een puinfundering allereerst minder grond en zand ontgraven hoeft te worden en er minder zand hoeft worden aangevuld. Uiteraard hoeft er ook minder zand geleverd te worden. De besparing op het zand is groter bij gestort beton dan de investering in menggranulaat, waardoor de TCO voordeliger uit komt. Ook hoeft er bij de betonconstructie op puin iets minder gerepareerd te worden en er hoeft minder voegvulling toegepast te worden. Zoals eerder gezegd, beton op puin wordt bijna niet meer toegepast.

6.6 Prefab beton

6.6.1 Prefab beton op zand

Prefab beton op zand heeft de hoogste MKI-waarde, de hoogste TCO en ook nog eens een lager fietscomfort dan asfalt. Maar prefab beton heeft in bepaalde situaties wel voordelen. Zo is er meer controle op het productieproces, waardoor er een constantere kwaliteit van het beton is. Daarnaast kan het sneller geproduceerd worden en zorgt het niet voor geluidsoverlast. Dus vooral als er grote haast bij een project is of geluidshinder absoluut niet mag voorkomen, is prefab beton op zand een optie.

6.6.2 Prefab beton op puin

Prefab beton op puin is zowel qua MKI als TCO voordeliger dan de constructie op zand, maar wordt in de praktijk zelden toegepast.

6.7 Cementloos beton

6.7.1 Cementloos beton op zand

Van de drie betonsoorten waar naar is gekeken, heeft cementloos beton de meest positieve MKI-waarde. De TCO ligt iets hoger dan bij gestort beton, maar een stuk lager dan bij prefab beton.

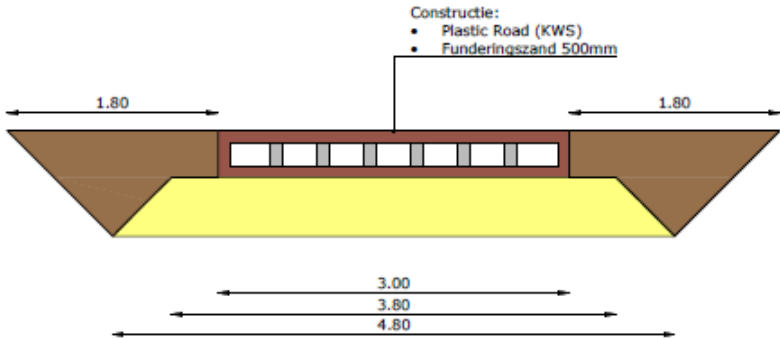
6.7.2 Cementloos beton op puin

Cementloos beton op puin is nog iets voordeliger dan cementloos beton op zand, maar ook een onwaarschijnlijke variant. Cementloos beton is wel op grote schaal toepasbaar, net als gestort beton en prefab beton.

6.8 (Bio) Composiet

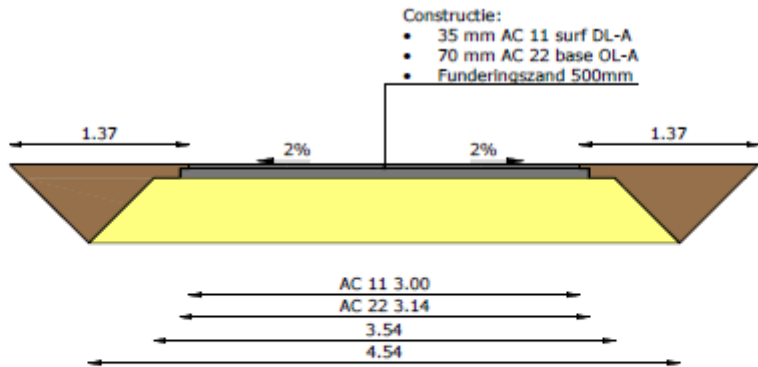
Bij (Bio) Composiet wordt er voor nu geen onderscheid gemaakt in de constructie op zand en puin, aangezien er zo weinig over bekend is. Het is een variant met een groot duurzaamheidsperspectief, waarbij verder onderzoek moet uitwijzen of de verwachtingen waargemaakt zullen worden. Potentiële voordelen zijn de lange levensduur, lichtgewicht constructie en de demontabel ontwerp.

I. Dwarsprofielen fietspaden Coevorden



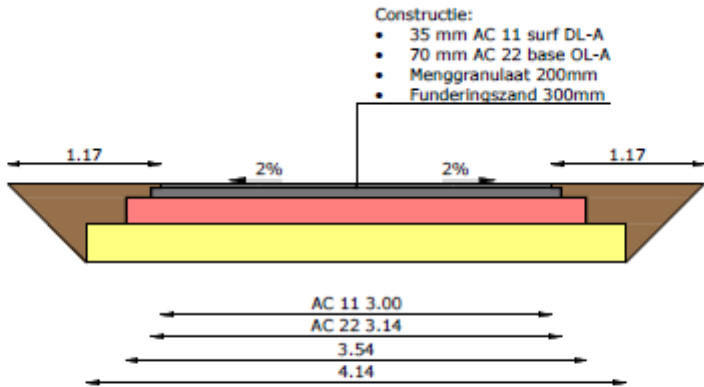
DWP 1 PLASTIC ROAD (KWS)

Schaal 1:50



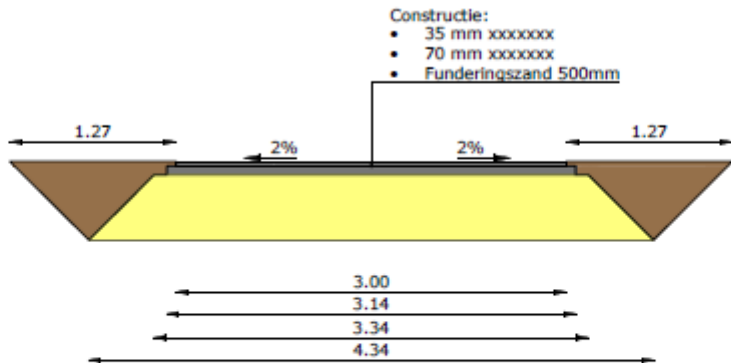
DWP 2 ASFALT - ZAND

Schaal 1:50



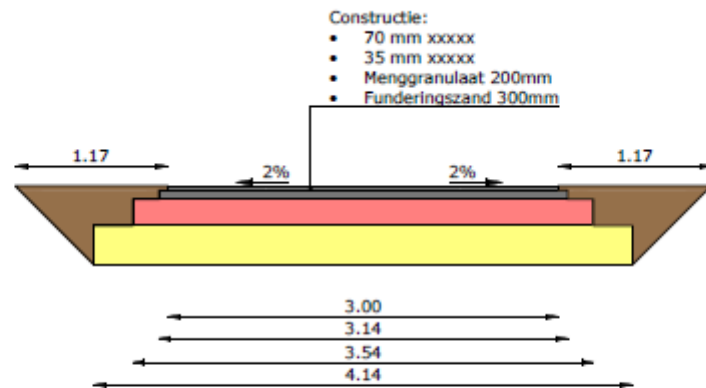
DWP 3 ASFALT - PUIN

Schaal 1:50



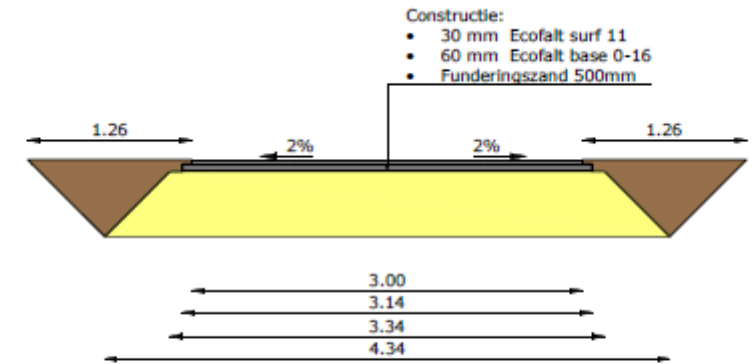
DWP 4 LIGNINE ASFALT - ZAND

Schaal 1:50



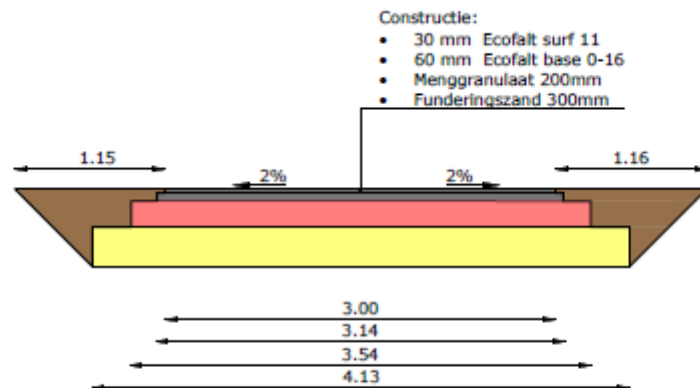
DWP 5 LIGNINE ASFALT - PUIN

Schaal 1:50



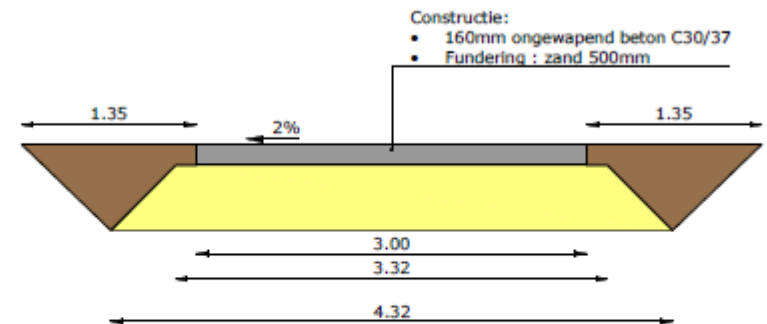
DWP 6 ECOFALT - ZAND

Schaal 1:50



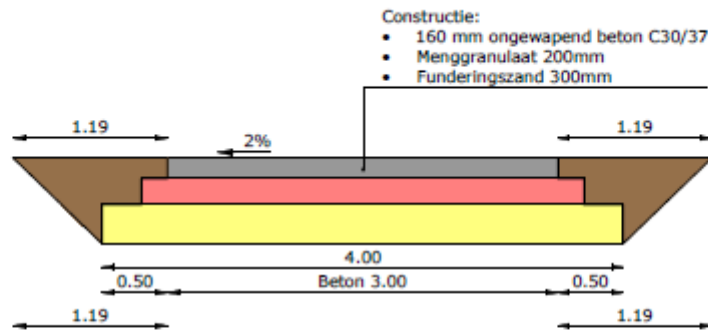
DWP 7 ECOFALT - PUIN

Schaal 1:50



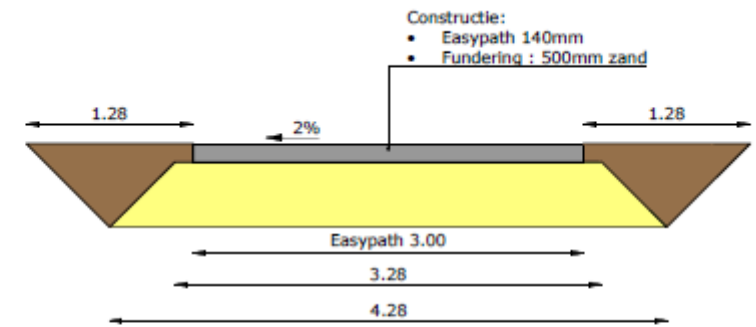
DWP 8 BETON - ZANDBED

Schaal 1:50



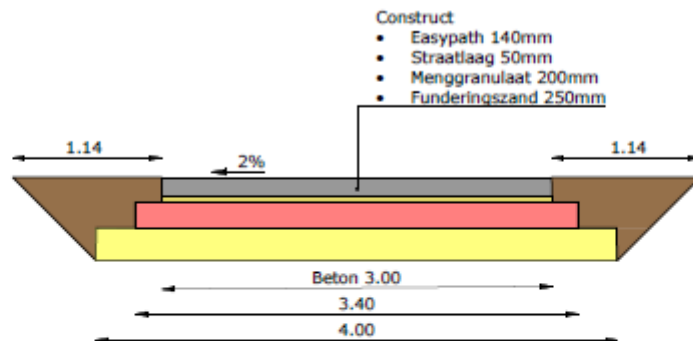
DWP 9 BETON - PUIN

Schaal 1:50



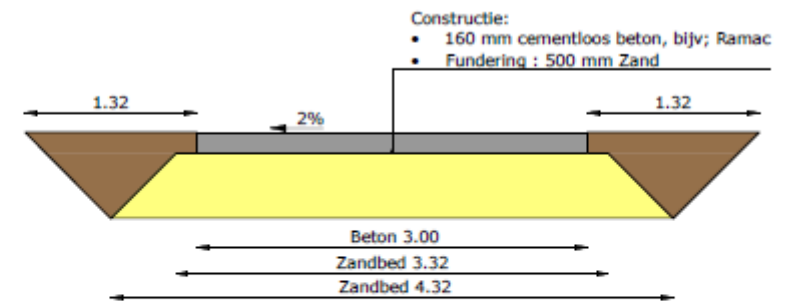
DWP 10 PREFAB BETON - ZAND

Schaal 1:50



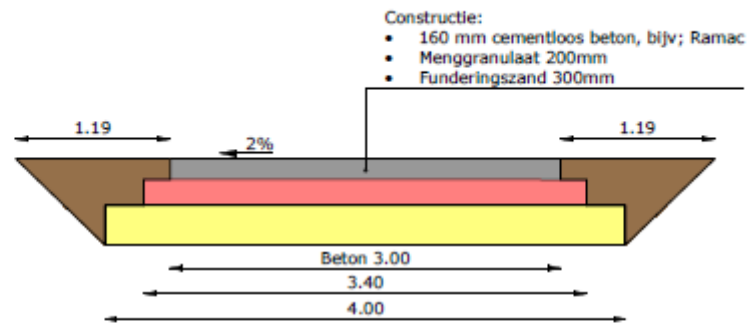
DWP 11 PREFAB BETON - PUIN

Schaal 1:50



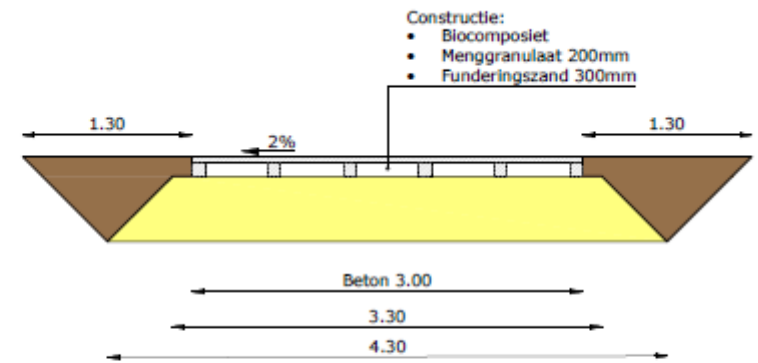
DWP 12 CEMENTLOOSBETON - ZAND

Schaal 1:50



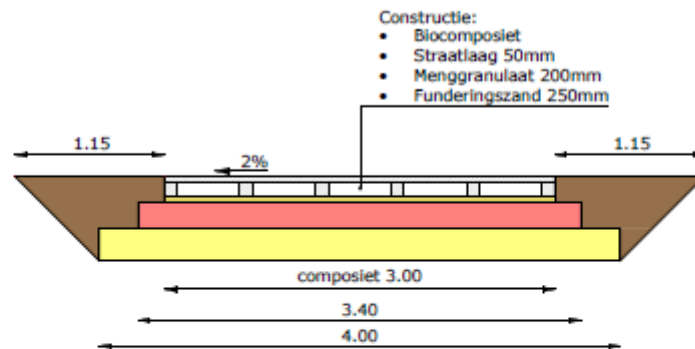
DWP 13 CEMENTLOOSBETON - PUIN

Schaal 1:50



DWP 14 BIOCOMPOSITET - ZAND

Schaal 1:50



DWP 15 BIOCOMPOSITET - PUIN

Schaal 1:50