

Kostenefficiëntie in wegconstructies

Truck-Parking Maasvlakte Plaza

*Een variantenstudie in wegverhardingen waarin
kostenefficiëntie in diverse ontwerpen wordt geanalyseerd*



-Afstudeerrapport-

Kostenefficiëntie in wegconstructies

Truck-Parking Maasvlakte Plaza

Een variantenstudie in wegverhardingen waarin kostenefficiëntie in diverse ontwerpen wordt geanalyseerd.

Dit afstudeerrapport is geschreven als resultaat van het afstudeeronderzoek welke is uitgevoerd binnen BAM Infra Regio West Wegen. In dit rapport is een variantenstudie in wegconstructies uitgevoerd met als implementatieproject Maasvlakte Plaza. Verschillende wegconstructies zijn getoetst op kostenefficiëntie. Hieruit is een meest kostenefficiënte wegconstructie naar voren gekomen welke als beste toepasbaar te noemen is op het project Maasvlakte Plaza. Uit het onderzoek zijn conclusies getrokken welke in een aanbeveling is vastgelegd.

In opdracht van:

BAM Infra Regio West Wegen
Hogeschool Rotterdam

Onder begeleiding van:

Ir. G.H.D. Satter
*Afstudeerbegeleider/
Manager Operations*
BAM Infra

H. Pieterse
*Afstudeerbegeleider/
Hoofd Regiotechnologie*
BAM Infra

Ir. A.S.M. Houtepen
*Afstudeerbegeleider/
Docent Civiele Techniek*
Hogeschool Rotterdam

Student:

D.L. Suurmond
Auteur, Student Civiele Techniek

BAM Infra
Den Haag, 10 juni 2015

”Kosten efficiënt naar de toekomst bouwen”

Voorwoord

Voor u ligt het rapport van mijn afstudeeronderzoek naar “Kostenefficiëntie in wegconstructies Maasvlakte Plaza”, welke is geschreven als eindopdracht van de opleiding Civiele Techniek aan de Hogeschool Rotterdam. Het onderzoek is uitgevoerd binnen BAM Infra Regio West Wegen, onder begeleiding van bedrijfsbegeleiders heer ir. G.H.D. Satter en de heer H. Pieterse, en afstudeerdocent vanuit de Hogeschool Rotterdam de heer ir. A.S.M. Houtepen.

Tegenwoordig is er in de wegenbouw bij tenders een groot belang bij duurzame en economische factoren. Opdrachtgevers hechten niet alleen meer waarde aan een lage inschrijfprijs, maar bijvoorbeeld ook aan planning, omgeving, duurzaamheid en onderhoud.

De EMVI (Economisch Meest Voordelige Inschrijving) aanbestedingen geven de aannemer een kans om zich te kunnen onderscheiden van de concurrent op meer aspecten dan alleen de prijs.

In dit rapport is een onderzoek verricht naar verschillende wegconstructies op de tender Maasvlakte Plaza. De verschillende varianten van wegconstructies zijn geanalyseerd op kostenefficiëntie. Hierin zijn verschillende varianten geanalyseerd op de diverse elementen die voortkomen uit het begrip kostenefficiëntie. Hieruit is een meest kostenefficiënte wegconstructie naar voren gekomen welke als advies kan worden gegeven aan BAM Infra om hiermee in te schrijven op de tender Maasvlakte Plaza.

Het is voor mij een eer dit onderzoek te hebben verricht binnen BAM Infra Regio West Wegen. Het afstudeeronderzoek is een zeer grote ervaring voor mij geweest en de kennis over de civiele techniek in wegenbouw is in een optimale verbinding met mijn opleiding.

Hierbij wil ik mijn afstudeerbegeleiders ir. G.H.D. Satter, H. Pieterse en de heer ir. A.S.M. Houtepen bedanken voor de zeer goede begeleiding en ondersteuning tijdens dit onderzoek. De input en ondersteuning hierin is voor mij zeer waardevol geweest, mede dankzij deze personen heb ik het onderzoek tot een goed resultaat weten te brengen.

Tevens gaat mijn dank uit naar mijn familie en vrienden die mij in de afstudeerperiode zeer goed ondersteund hebben.

D.L. Suurmond

Den Haag, 10 juni 2015.

Samenvatting

In dit afstudeeronderzoek is onderzoek gedaan naar verschillende wegconstructies met als doel een advies aan BAM Infra B.V. af te geven voor een type wegconstructie welke het beste gebruikt kan worden om mee in te schrijven op de tender Maasvlakte Plaza. Het advies moet een meest kostenefficiënt ontwerp bevatten. Om dit advies af te geven is er een variantenstudie in wegconstructies uitgevoerd met als implementatieproject Maasvlakte Plaza. Hierin is het programma van eisen van het Havenbedrijf Rotterdam waarin de gestelde eisen staan voor de wegconstructie geanalyseerd.

De inschrijving op de tender wordt beoordeeld middels een EMVI (Economisch Meest Voordelige Inschrijving) aanbesteding. Hierbij is ook onderzoek gepleegd naar wat EMVI is, hoe het wordt beoordeeld en hoe EMVI op Maasvlakte Plaza bepaald is. Het onderzoek vervolgd in een literatuurstudie naar de aard en soort van de verschillende soorten wegconstructies. Hierin zijn de verschillende materialen welke voorkomen in de wegconstructies omschreven en geanalyseerd.

Vervolgens zijn de onderzochte materialen voor de verschillende mogelijke funderingen en verhardingen getoetst op verschillende criteria middels een multicriteria analyse. Uit de analyses zijn voor Maasvlakte Plaza voor de fundering en de verharding de best mogelijk toe te passen materialen gekomen. Hierna is de variantenstudie in wegconstructies gestart. Middels een ontwerpinstrumentarium zijn er diverse varianten opgesteld en geanalyseerd. Hieruit zijn drie varianten gekozen welke in het onderzoek verder worden uitgewerkt.

Deze drie varianten zijn middels een kostenraming begroot en hiervan zijn de aanlegkosten begroot. Vervolgens zijn de drie varianten getoetst op kostenefficiëntie. Hieruit is een meest kostenefficiënt ontwerp naar voren gekomen welke als advies wordt gegeven aan BAM Infra B.V. voor de aanbesteding van de tender Maasvlakte Plaza.

Inhoudsopgave

Voorwoord	I
Samenvatting	II
1. Inleiding	1
1.1 Context	1
1.1.1 De opleiding Civiele Techniek	1
1.1.2 De Koninklijke BAM Groep N.V.	2
1.1.3 Toenemend belang duurzame en economische factoren in tenders	3
1.1.4 Het project Maasvlakte Plaza	3
1.2 Doelstelling	4
1.3 Probleemstelling	4
1.4 Methode van het onderzoek	6
1.5 Afbakening van het onderzoek	7
1.6 Structuur van het afstudeerrapport	7
2 Programma van eisen Maasvlakte Plaza	9
2.1 Context	9
2.2 Randvoorwaarden en uitgangspunten in de tender zoals geformuleerd door HbR	11
2.3 Programma van Eisen door HbR in de tender gesteld aan de wegconstructie	13
3 EMVI	15
3.1 Verplichting EMVI	15
3.2 Voorkeur EMVI door OG en aannemer	15
3.3 Beoordelingscriteria EMVI	16
3.4 Beoordelingsmethoden EMVI	19
3.5 EMVI vanuit tender Maasvlakte Plaza	21
3.6 Bevindingen EMVI Criteria Maasvlakte Plaza	24
4 Literatuuronderzoek naar aard en soort wegconstructies	25
4.1 Geschiedenis wegconstructies	25
4.2 Opbouw wegconstructie	27
4.2.1 Ondergrond	28

4.2.2	Aardebaan.....	30
4.2.3	Fundering	31
4.2.4	Beton, asfalt en elementenverharding	33
4.3	Materialen toepasbaar op Maasvlakte Plaza.....	41
4.3.1	Criteria voor funderingskeuze.....	41
4.3.2	Multicriteria analyse funderingen.....	42
4.3.3	Criteria voor verhardingskeuze <i>asfalt, beton of elementenverharding</i>	44
4.3.4	Multicriteria analyse <i>asfalt, beton of elementenverharding</i>	46
4.4	Rekenprogramma's.....	47
4.4.1	Ascon.....	47
4.4.2	Care	47
4.4.3	OIA.....	48
4.4.4	Veroad-XL.....	49
4.4.5	Programmakeuze variantenstudie.....	49
4.5	Variantenstudie (totale) verhardingsconstructie.....	50
4.5.1	Ondergrond Maasvlakte Plaza	50
4.5.2	Gekozen asfaltmengsels voor het dimensioneren.....	51
4.5.3	Dimensioneren asfaltconstructies	52
4.5.4	Variant basis conform CROW referentie.....	57
4.5.5	Variant 1.....	57
4.5.6	Variant 2.....	58
4.5.7	Variant 3.....	59
4.5.8	Variant 4.....	59
4.5.9	Variant 5.....	60
4.5.10	Variant 6.....	61
4.5.11	Variant 7	62
4.5.12	Variant 8.....	62
4.5.13	Keuze van 3 definitieve varianten.....	63

5	Kostenramingen wegconstructies	64
5.1	Raming variant 1	64
5.2	Raming variant 2	64
5.3	Raming variant 7	65
5.4	Vergelijking kosten varianten	65
6	Onderzoek kostenefficiëntie	66
6.1	Kostenefficiëntie	66
6.2	Elementen kostenefficiëntie	66
6.3	Multicriteria analyse t.b.v. bepaling kostenefficiëntie op de wegconstructievarianten	68
7	Bevindingen en conclusies	71
7.1	Bevindingen	71
7.2	Conclusies	73
8	Aanbevelingen	75
	Afkorting	77
	Literatuur	79
	Bijlagen	81

1. Inleiding

1.1 Context

Dit hoofdstuk omschrijft de achtergronden van dit afstudeerrapport. Als eerst zal het doel van dit laatste gedeelte van de opleiding worden uitgelegd (1.1.1.). Het afstudeeronderzoek zal uitgevoerd worden binnen BAM Infra, een grote tak van BAM welke deel is van de Koninklijke BAM Groep die wereldwijd opereert (1.1.2.). Binnen de organisatie is het proces voor het aannemen van projecten vanaf tender tot uitvoering zeer belangrijk. Zonder het aannemen van projecten kan de organisatie überhaupt niet bestaan. Tegenwoordig is er vanuit verschillende opdrachtgevers veel aandacht voor het uitvaardigen van tenders op het onderwerp EMVI (Economisch Meest Voordelige Inschrijving) (1.1.3.). EMVI wordt voor zowel de opdrachtgever als aannemer steeds belangrijker. Elke partij heeft hier zijn eigen belangen in. Om te onderzoeken hoe er binnen BAM Infra succes behaald kan worden bij een EMVI inschrijving (door middel van het inschrijven met een kostenefficiënt ontwerp), wordt er op de tender 'Maasvlakte Plaza' (1.1.4.) een variantenstudie in wegverhardingen uitgevoerd.

1.1.1 De opleiding Civiele Techniek

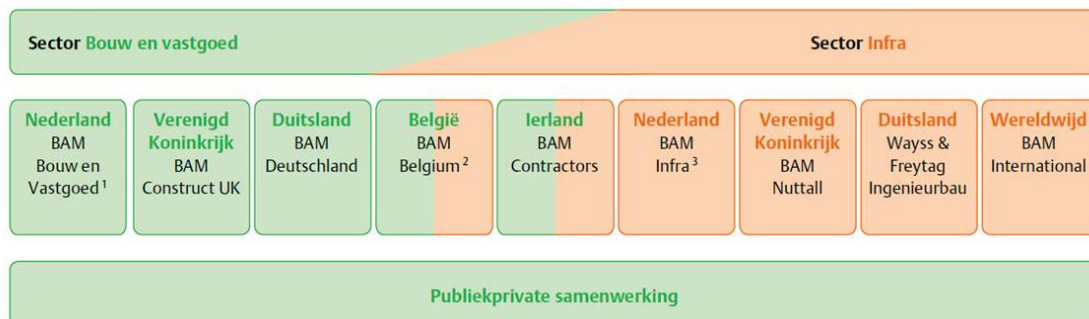
De opleiding Civiele Techniek is een studie welke zich richt op het toepassen van technische en wetenschappelijke kennis in de praktijk bij het ontwerpen, bouwen, onderhouden, verkopen en gebruiken van civieltechnische bouwwerken. Civieltechnische bouwwerken zijn bijvoorbeeld bruggen, sluizen, viaducten en aquaducten. De techniek is gericht op het benutten van de leefomgeving van de mensheid.

In het laatste traject van de opleiding dient de student, zoals vermeld in de afstudeerhandleiding van de Hogeschool Rotterdam, een afstudeeronderzoek te houden binnen een bedrijf welke binnen 20 weken moet worden gerealiseerd. Het afstuderen heeft als doel de aankomende ingenieurs voor te bereiden op een baan als ingenieur binnen een (commerciële) organisatie. Een aantal leerpunten uit dit afstudeertraject hierbij zijn bijvoorbeeld werkvoorbereiding, samenwerking, communicatie en opdrachten aan te nemen. Het afstudeeronderzoek wordt uitgevoerd binnen BAM Infra Regio West Wegen.

1.1.2 De Koninklijke BAM Groep N.V.

BAM Infra B.V. is onderdeel van de Koninklijke BAM Groep N.V. De Koninklijke BAM Groep N.V. is een van oorsprong Nederlands bedrijf dat werkmaatschappijen verenigt die actief zijn in de sectoren bouw en techniek, Infra, vastgoed en publiek-private samenwerking.

De onderneming is één van de grootste bouwondernemingen van Europa maar opereert wereldwijd. De groep heeft vestigingen in Nederland, België, Duitsland, Engeland, Ierland en sinds kort ook in Jakarta (Indonesië).



1 BAM Bouw en Vastgoed verenigt de activiteiten van BAM Bouw en Techniek, BAM Woningbouw en AM.

2 BAM België verenigt de activiteiten van BAM Contractors, Interbuild, Kairos, Galère en BAM Technics.

3 BAM Infra verenigt de activiteiten van BAM Civiel, BAM Infratechniek, BAM Rail, BAM Wegen en BAM Infraconsult. Bouw en techniek - Nederland

Afbeelding 1.1, Organogram van de Koninklijke BAM Groep N.V. [1]

De groep realiseert jaarlijks duizenden projecten en had in 2012 een jaaromzet van € 7,465 miljard en 23.734 FTE wereldwijd [13]. Ooit begon het bedrijf als een timmerbedrijf in een dorp genaamd Groot-Ammers te Zuid Holland. BAM staat voor 'Bataafsche Aanneming Maatschappij' en is sinds 1959 beursgenoteerd.

BAM Infra is specialist in asfalt, riool, bestrating, tramspoor, geleiderails, betonwegen en verkeerstechniek. Ook produceert zij asfalt en heeft zij een aantal innovatieve asfaltmengsels¹ op de markt gebracht welke gepatenteerd zijn.

¹ Voorbeelden hiervan zijn: Laag Energie Asfalt Beton (LEAB), Redufalt en Kjellbase®

1.1.3 Toenemend belang duurzame en economische factoren in tenders

Tegenwoordig is de aandacht vanuit opdrachtgever en aannemer steeds meer gericht op EMVI. De opdrachtgever hecht tegenwoordig niet alleen waarde aan een lage prijs, maar ook aan zaken zoals planning, omgeving, duurzaamheid en onderhoud. Uiteindelijk hebben zowel opdrachtgever als aannemer hier baat bij. Bij het uitvaardigen van een tender met EMVI als gunningscriterium wordt er door de opdrachtgever aangegeven hoe de inschrijving van een aannemer beoordeeld zal worden. De beoordelingscriteria worden omschreven en per criterium zijn er punten te behalen.

Vanuit BAM Infra B.V. is er ook veel aandacht op EMVI. Om projecten welke op EMVI worden gegund aan te kunnen nemen moet er per tender en inschrijving goed gescoord worden op de criteria van de opdrachtgever.

Voor de aannemer is hierin onderscheiding in de markt een belangrijk aspect. Wanneer er duidelijk onderscheid kan worden gemaakt tegenover de concurrerende aannemers zal dit in haar voordeel zijn. Voor de organisatie is het leveren van kwaliteit prioriteit en het is de ambitie van BAM om de toonaangevende aannemer te zijn in weg en waterbouw. Ook het meedenken met de opdrachtgever en het hierin ontlasten van de opdrachtgever ziet BAM als een belangrijk aspect.

Om te kunnen onderscheiden in de markt bij het aanbieden van inschrijvingen is het combineren van kwaliteit en kostenefficiëntie onmisbaar. Een ontwerp of aanbidding kan kwalitatief goed en relatief goedkoop zijn, maar bijvoorbeeld erg duur in onderhoud. Het vinden van een juiste combinatie hierin is bepalend voor succes. Vaak gaat het dan om een beschouwing van de totale Life Cycle Costs.

1.1.4 Het project Maasvlakte Plaza

Rotterdam is één van de belangrijkste havens ter wereld. Door de goede bereikbaarheid, verbindingen met het achterland, logistieke faciliteiten en aspecten als veiligheid en duurzaamheid onderscheidt de haven zich van concurrenten. Om de voorzieningen van het westelijke deel van de haven op gewenst niveau te brengen heeft het Havenbedrijf Rotterdam besloten een gebiedsontwikkeling uit te voeren. De ontwikkeling heet Gebiedsontwikkeling Maasvlakte Plaza. Maasvlakte Plaza wordt gerealiseerd op een gedeelte van het Slufterterrein wat grenst aan het Maximaviaduct. Met de verdere ontwikkeling van de tweede Maasvlakte ontstaat er behoefte aan meer voorzieningen in het gebied, met name voor de doelgroep containerchauffeurs. Het projectdoel is het realiseren van een voorzieningencluster op de Maasvlakte waarbij verschillende clusters elkaar versterken en een voldoende hoge bezetting van de truck-parking wordt gerealiseerd. De verschillende clusters zijn gespecificeerd in hoofdstuk 2.1.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is om aan de hand van een variantenstudie een kostenefficiënte wegconstructie te kiezen die voldoet aan het programma van eisen van het project Maasvlakte Plaza. Bij de inschrijving voor de tender dient de meest kosteneffectieve wegconstructie in de aanbidding te worden voorgesteld, omdat daardoor de kans op het winnen van de gunning maximaal is.

De voorgestelde variantenstudie zal bestaan uit de onderstaande fasen:

- Analyseren van het programma van eisen Maasvlakte Plaza;
- Een bondige publicatie maken van de hierboven genoemde analyse;
- Onderzoek en analyse naar EMVI;
- Analyseren van beschikbare materialen welke toegepast worden in wegconstructies;
- Beschrijving en analyse van beschikbare rekenprogramma's voor het dimensioneren van wegconstructies en selectie meest geschikte programma;
- Variantenstudie naar diverse ontwerpen: analyse en vergelijking;
- Opstellen van kostenramingen van de diverse wegconstructies en publicatie hiervan;
- Onderzoek naar de definitie van kostenefficiëntie;
- Het opstellen van een multicriteria-analyse ten behoeve van het bepalen van de kostenefficiëntie in de diverse wegconstructies;
- Publicatie van het gehele onderzoek met bijbehorende bevindingen, conclusies en aanbevelingen.

1.3 Probleemstelling

De probleemstelling in dit onderzoek is als volgt:

Wat is de meest kostenefficiënte verhardingsconstructie op de Maasvlakte Plaza die voldoet aan het programma van eisen van het Havenbedrijf Rotterdam?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn er een aantal deelvragen opgesteld welke elk antwoord geven op de verschillende aspecten uit de hoofdvraag.

De drie kernwoorden van het onderzoek zijn kosteneffectiviteit, verhardingsconstructies en het programma van eisen.

Als eerst is het belangrijk om te weten waar het programma van eisen uit bestaat en wat hierin geëist word door de opdrachtgever.

- I. *Waar bestaat het programma van eisen van het Havenbedrijf Rotterdam uit?*
 - *Uitgangspunten;*
 - *EMVI;*
 - *De gestelde eisen.*

Vervolgens kan er onderzoek worden verricht naar verhardingsconstructies. Ook wordt er gekeken naar beschikbare rekenprogramma's voor het dimensioneren van wegconstructies.

Om te bepalen welke materialen er toegepast kunnen worden in de constructie op Maasvlakte Plaza dient er een multicriteria-analyse te worden opgesteld. Aan de hand van het programma van eisen kunnen vervolgens diverse constructies worden bepaald inclusief kostenramingen.

II. Waar bestaat een (weg)verhardingsconstructie uit?

- *Opbouw wegconstructie;*
- *Beschikbare rekenprogramma's voor het dimensioneren van wegconstructies;*
- *Beschikbare materialen;*
- *Variantenstudie;*
- *Kostenramingen per variant.*

Nu de verschillende varianten zijn opgesteld en hiervan de kosten bekend zijn, kan er verder onderzoek gedaan worden naar kostenefficiëntie en de invloed hiervan op de constructies.

III. Hoe kan de kostenefficiëntie worden bepaald?

- *Kostenefficiëntie;*
- *Elementen kostenefficiëntie;*
- *Elementen bepalend voor Maasvlakte Plaza.*

Wanneer alle vragen zijn beantwoord kunnen de resultaten worden bepaald. Het advies en de conclusies zullen daarna beschreven worden in het onderzoek. Om dit te kunnen doen zullen bovenstaand hoofd- en deelvragen worden vertaald naar hoofdstukken. In de inhoudsopgave is dit dusdanig gepubliceerd.

1.4 Methode van het onderzoek

Om antwoord te geven op de onderzoeksvragen zoals vermeld in hoofdstuk 1.3, zullen diverse onderzoeksmethoden worden gehanteerd.

De start van mijn onderzoek begint met een literatuuronderzoek (deskresearch). Hierin worden documenten, literatuur en internet geraadpleegd om de informatie over het programma van eisen, verhardingsconstructies en kostenefficiëntie te verzamelen.



Afbeelding 1.2, Schema onderzoeksproces [2]

Vanuit de verzameling informatie wordt middels een beschrijvend en verklarend onderzoek (fieldresearch) deze informatie geanalyseerd. Dit gaat verder in een technische varianten studie waarin ik zal gaan inzoomen op de varianten. Hierin worden varianten bepaald inclusief kostenramingen. Vanuit deze varianten wordt de meest kostenefficiënte variant bepaald. Vanuit deze diverse onderzoeken zal ik al mijn vragen beantwoorden en mijn conclusies en aanbevelingen vastleggen.

1.5 Afbakening van het onderzoek

Het project wordt uitgevoerd binnen BAM Infra Regio West Wegen, onderdeel van BAM Infra. Gedurende het project zullen de afdelingen technologie en calculatie betrokken worden bij het onderzoek naar de wegconstructies en de bijbehorende kostenramingen.

Het analyseren van het programma van eisen zal gelimiteerd zijn tot de eisen die gesteld zijn aan de wegconstructie. Overige eisen die gevraagd worden voor de omgeving, gebouwen en tankstation zullen niet geanalyseerd worden. Deze zijn niet relevant voor dit onderzoek.

De analyse van de materialen welke toegepast worden in wegconstructies, zal zich beperken tot de analyse van beschikbare materialen in Nederland.

Het bepalen van de diverse wegconstructies zal plaatsvinden aan de hand van het programma van eisen. De eisen zullen bepalend zijn voor de samengestelde constructies. Als er in het onderzoek een wegconstructie naar voren komt welke niet een de eisen van het PVE voldoet, maar wel volgens het onderzoek aan te bevelen is, zal dit als advies worden meegenomen.

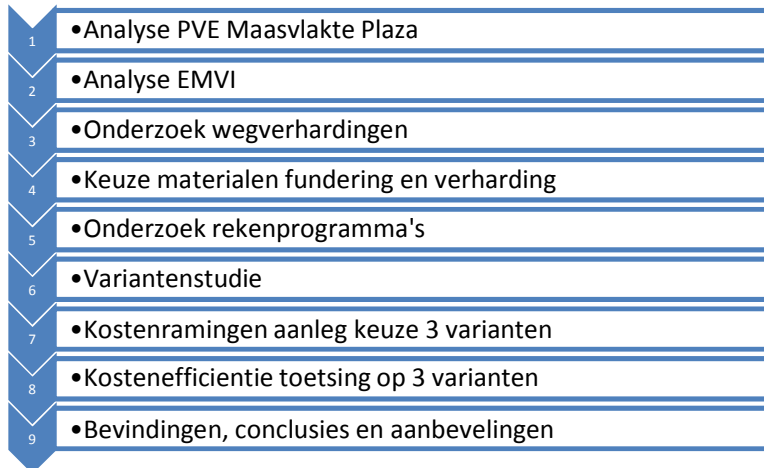
Het onderzoek naar kostenefficiëntie zal alomvattend zijn. De gevonden elementen hierin worden geanalyseerd en de elementen die bepalend zijn voor dit onderzoek worden verwerkt in de multicriteria-analyse waarin de diverse wegconstructies getoetst worden op kostenefficiëntie.

1.6 Structuur van het afstudeerrapport

In hoofdstuk 2 wordt het programma van eisen welke opgesteld is door het Havenbedrijf Rotterdam geanalyseerd. Hierin worden de uitgangspunten en eisen in kaart gebracht. Dit is de basis voor het onderzoek naar de verhardingen. Hierna wordt er omschreven wat EMVI is, hoe het wordt beoordeeld, en wat er aan EMVI op het project Maasvlakte Plaza ten grondslag ligt.

In hoofdstuk 3 komt de theorie van wegverhardingen naar voren. Deze basis informatie is cruciaal voor het starten van de variantenstudie. In dit hoofdstuk vindt een analyse plaats van de beschikbare materialen en de hierbij horende materiaaleigenschappen. Hierna zullen de beschikbare rekenprogramma's voor het dimensioneren van wegconstructies gezocht worden, en zal hierin het meest geschikte programma voor dit onderzoek bepaald worden. Aan de hand van de verzamelde gegevens kunnen de varianten opgesteld worden voor Maasvlakte Plaza. Na het kiezen van drie definitieve varianten wordt er voor elke variant een kostenraming gemaakt (hoofdstuk 5).

Vervolgens wordt er in hoofdstuk 6 kostenefficiëntie onderzocht. De bepalende elementen voor dit onderzoek worden geanalyseerd en verwerkt in een multicriteria-analyse waarmee de varianten getoetst worden op kostenefficiëntie. Het gehele onderzoek is gericht op het vinden van een meest kostenefficiënte constructie op de Maasvlakte Plaza. Het rapport wordt voorzien van een compleet hoofdstuk (7) over de bevinden en conclusies van het onderzoek. Uiteindelijk worden in het laatste hoofdstuk 8 de aanbevelingen aan BAM infra gerapporteerd. Onderstaand is dit in een stroomschema weergegeven.



Afbeelding 1.3, stroomschema structuur afstudeerrapport

2 Programma van eisen Maasvlakte Plaza

De context van het project wordt omschreven in hoofdstuk **2.1**. Vervolgens zullen de uitgangspunten van het project inzichtelijk gemaakt worden (**2.2.**). Deze uitgangspunten zijn de basis van het ontwerp. Aan de vraagstelling vanuit de opdrachtgever zitten eisen gekoppeld waaraan de aanbidding moet voldoen. De eisen voor de te realiseren wegconstructie worden geanalyseerd en gerapporteerd (**2.3**).

2.1 Context

Aan de basis van de eisen van de Gebiedsontwikkeling Maasvlakte Plaza staat een functieboom (zie onderstaand). Het systeem 'Gebiedsontwikkeling Maasvlakte Plaza' dient invulling te geven aan de gewenste functies in het gebied.



Afbeelding 2.1, Functieboom Gebiedsontwikkeling Maasvlakte Plaza [11]

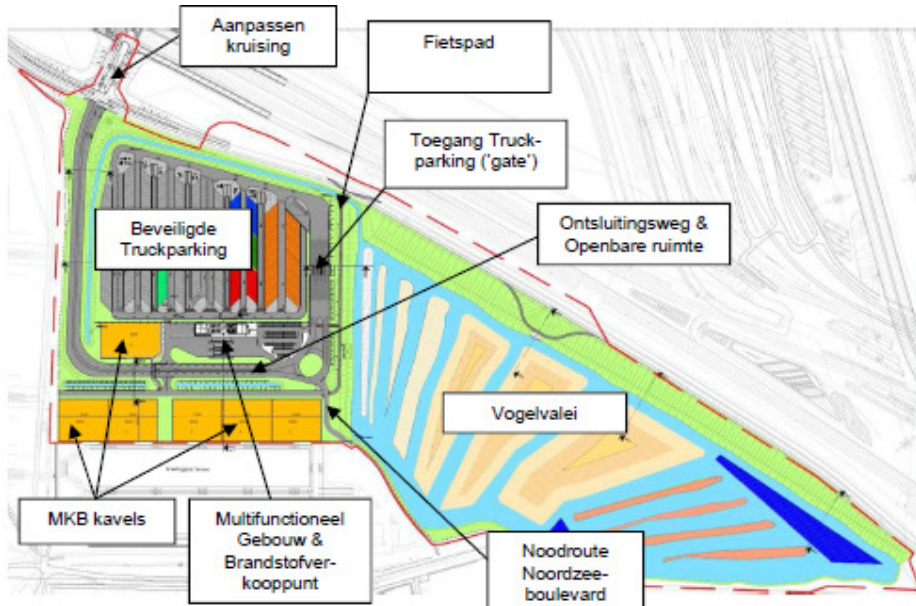
De hoofdfunctie hierin is het bieden van voorzieningen voor truckchauffeurs en het creëren van een vogelgebied. In bovenstaande functieboom staan de verschillende clusters van de gebiedsontwikkeling hiërarchisch weergegeven.

Het plangebied voor de gebiedsontwikkeling Maasvlakte Plaza ligt in een driehoek tussen de Slufterdijk, de Maasvlakteweg en de Noordzeeboulevard, deze situatie is in onderstaande afbeelding weergegeven.



Afbeelding 2.2, Huidige situatie plangebied Maasvlakte Plaza (Google Earth, 51°55'40.9"N 4°01'20.8"E).

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft voor deze locatie gekozen wegens diverse redenen. De locatie heeft goede aansluitingsmogelijkheden op de bestaande infrastructuur en ligt dicht bij de containerterminals. Het gebied is door de opdrachtgever ingedeeld in verschillende disciplines zoals in onderstaande afbeelding is weergegeven.



Afbeelding 2.3, Nieuwe situatie plangebied Maasvlakte Plaza [11].

Aan de noordwestzijde sluit de openbare weg aan op het Prinses Maximaviaduct. De gebiedsontsluitingsweg loopt centraal door het gebied en ontsluit de truck-parking, tankstation, multifunctioneel gebouw en de MKB(Midden en Klein Bedrijf) kavels. Direct naast het multifunctioneel gebouw zijn er een aantal parkeerplaatsen voor personenauto's gerealiseerd. In het zuidoosten van het gebied wordt aangesloten op de bestaande wegen. Voor de fietsers is er een aparte fietsroute. Overige oppervlakten zijn als groenvoorzieningen ingericht. Via een toegangsgate is de beveiligde truck-parking bereikbaar voor voertuigen.

De truck-parking biedt parkeerplaatsen voor de volgende trucks:

- 206 trucks met aanhanger;
- 51 LZV trucks (langere en zwaardere vrachtautocombinatie);
- 57 ADR trucks (gevaarlijke stoffen);
- 10 reefer (transportmiddelen voor temperatuurgevoelige goederen);
- 35 trailerstallingen (waarvan 9 'verkorte' plekken).

De wegconstructies voor de truck parking worden in dit onderzoek verder onderzocht.

2.2 Randvoorwaarden en uitgangspunten in de tender zoals geformuleerd door HbR

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft met betrekking tot de wegverhardingen relatief weinig randvoorwaarden voor de wegconstructie opgesteld. In de vraagspecificatie van het Havenbedrijf Rotterdam zien we een aantal randvoorwaarden terug over de openbare ruimte en de hierin aanwezige wegen. De wegverbindingen dienen te zijn ingericht als een tweetal soort wegen, namelijk een ontsluitingsweg en een weg naar de midden en klein bedrijven(MKB weg). De ontsluitingsweg moet voorzien zijn van 2x2 rijstroken(80 km/h) met een snelheidsbeperking van 60 km/h. Dit type weg heet ook wel bubeko (Buiten de Bebouwde Kom) type 1.

Aspect	Type 1	Type 2
Snelheidslimiet	80 km/uur	80 km/uur
Dwarsprofiel	2*2 rijstroken	1*2 rijstroken
Verhardingsbreedte	2x 920 cm	750 cm
Kruispunten	Gelijkvloers met voorrang	Gelijkvloers met voorrang
Asmarkering	Enkele deelstreep tussen rijstroken	Dubbele deelstreep tussen rijrichtingen
Kantmarkering	Onderbroken	Onderbroken

Tabel 2.1, Overzicht Bubeko type 1 en 2 [3,12,16]

Buiten de bebouwde kom worden gebiedsontsluitingswegen onderscheiden tussen bubeko type 1 en bubeko type 2. Hierbij maakt het dwarsprofiel het verschil. Type 1 bestaat uit 2 rijbanen met 2 rijstroken. Type 2 komt vaker voor in Nederland en bestaat uit 1 rijbaan met daarop voor beide rijrichtingen 1 rijstrook. In bovenstaande tabel staan de eigenschappen per type weergegeven[3,12,16].

Naast de types voor buiten de bebouwde kom, worden er binnen de bebouwde kom 2 types onderscheiden. Hier wordt gesproken over een gebiedsontsluitingsweg met een maximum snelheid van 50 of 70 km/h. Deze types wegen worden ook wel Bibeko (Binnen de bebouwde kom) genoemd [12]. Onderstaand staan de eigenschappen per soort vermeld.

Aspect	Type 50 km/uur	Type 70 km/uur
Snelheidslimiet	50 km/uur	70 km/uur
Dwarsprofiel	1*2 rijstroken	2*1 rijstroken
Verhardingsbreedte	588-788 cm	2x 375-400 cm
Kruispunten	Gelijkvloers met voorrang	Gelijkvloers met voorrang
Asmarkering	Dubbele deelstreep tussen rijrichtingen	Geen
Kantmarkering	Ja	Ja

Tabel 2.2, Overzicht Bibeko [3,12,16]

De weg naar de MKB (Midden en klein bedrijven) op Maasvlakte Plaza moet voldoen aan de Bibeko randvoorwaarden zoals vermeld in de vraagspecificatie.

Over de parkeerplaatsen van de truck-parking zijn de randvoorwaarden dat er diverse types vrachtwagens moeten kunnen parkeren op de parking. Deze types zijn eerder vermeld in hoofdstuk 2.1. In de Nota van Inlichtingen is er als randvoorwaarde toegevoegd dat er geen gebonden funderingen mogen worden toegepast in de wegconstructie. Echter laat ik deze eis los in mijn onderzoek om te kunnen kijken of een variant met een gebonden verharding wellicht wel interessant is. Over de wegverharding zelf zijn er verder geen technische randvoorwaarden benoemd door het Havenbedrijf Rotterdam.

Overige randvoorwaarden welke gesteld worden aan de omgeving, planning en overige aspecten zijn terug te vinden in de vraagspecificatie van Maasvlakte Plaza. Deze worden in dit hoofdstuk verder niet benoemd daar zij geen toegevoegde waarde hebben voor de wegconstructie.

Voor BAM Infra zijn er een aantal uitgangspunten opgesteld voor het aanbrengen van de wegconstructie. Deze uitgangspunten zijn opgesteld om uiteindelijk een kosteneffectief ontwerp te kunnen maken. De uitgangspunten zijn vertaald naar criteria welke terug komen in de multicriteria analyse in hoofdstuk 4.3.

2.3 Programma van Eisen door HbR in de tender gesteld aan de wegconstructie

In het programma van eisen worden per aspect specifieke eisen gesteld waar hetgeen aan moet voldoen. Omdat het project Maasvlakte Plaza een Design en Construct (D&C²) contract betreft worden er diverse eisen gesteld. In dit hoofdstuk worden alle eisen waaraan de wegconstructie moet voldoen geanalyseerd.

In de vraagspecificatie van het Havenbedrijf Rotterdam zijn de eisen te vinden voor de verhardingsconstructie. Deze eisen zijn onderverdeeld in diverse eisen zoals functionele eisen en raakvlakeisen.

Functionele eisen zijn eisen die een beschrijving geven van de prestatie die het product moet gaan leveren. Hier wordt bedoeld dat de aan te brengen wegverharding moet voldoen aan een bepaalde prestatie welke is weergegeven in technische aspecten. Raakvlakeisen zijn eisen welke een beschrijving geven van de raakvlakken welke diverse aspecten moeten hebben.

De eisen voor de verhardingsconstructie uit het PVE zijn onderstaand weergegeven.

E0712

De wegconstructie moet worden gedimensioneerd door middel van het ontwerpinstrumentarium asfaltverhardingen CROW. Voor de constructie moeten onderstaande eisen en parameters gehanteerd worden.

- *Betrouwbaarheid: 85%;*
Hierin is er 15% kans dat de werkelijke schade in praktijk hoger uitvalt dan berekend en de restlevensduur dus korter is.
- *Ontwerpperiode: 40 jaar;*
De periode waarin de constructie functioneel moet zijn. Na deze periode is de constructie aan groot onderhoud toe.
- *Aantal werkdagen per jaar: 365;*
De dagen per jaar waarop er belastingen worden uitgeoefend op de constructie.
- *Aslastspectrum: autosnelweg zwaar(CROW);*
Het aslastspectrum bestaat uit een verdeling van diverse aslasten. Dit is benodigd voor de input van de belastingen.
- *Aantal vrachtwagens per dag: 250 rijden truck-parking in en 250 rijden truck-parking uit.*
Deze parameter is benodigd om het aantal bewegingen vast te stellen.

De wegconstructie die aangeboden wordt in de inschrijving moet dus voldoen aan bovenstaande parameters en dit dient aangetoond te worden door middel van het indienen van de berekeningen. Er wordt aangegeven dat de wegconstructie moet worden gedimensioneerd met het ontwerpinstrumentarium asfaltverhardingen CROW. Dit is een programma welke het mogelijk maakt wegconstructies te dimensioneren. Dit rekenprogramma wordt in hoofdstuk 3.2 nader beschreven. In de eis E0712 worden een aantal parameters vermeldt, zoals bovenstaand weergegeven.

² Design en Construct (D&G) contracten zijn contracten waarbij de opdrachtnemer verantwoordelijk is voor ontwerp en aanleg van de opdracht.

E0445

Deklagen dienen een technische levensduur te hebben van 12 jaar.

De deklaag moet minimaal 12 jaar voldoen aan de gestelde eigenschappen.

E0465

Nieuw te realiseren verhardingsconstructies dienen een levensduur van 40 jaar te hebben.

Deze eis heeft betrekking op de in eis E0712 gestelde parameter ontwerpperiode.

E0714

De verhardingsconstructie dient geschikt te zijn voor wringend verkeer, met een levensduur van 12 jaar.

Deze eis heeft betrekking op de deklaag uit eis E0445.

E0748

De deklaag dient in zwart asfalt te worden uitgevoerd.

Verder zijn er een aantal raakvlak eisen benoemd. Een eis hiervan is bijvoorbeeld **E0464**. Hierin staat dat de verharding functioneel en fysiek dient aan te sluiten op de bestaande verhardingen van het Prinses Maximaviaduct en de weg naar de Noordzeeboulevard. Deze raakvlakeisen zijn verder niet relevant voor dit onderzoek daar zij geen directe betrekking hebben op het ontwerp van de verhardingsconstructie.

De in dit hoofdstuk benoemde eisen zijn samen met de uitgangspunten welke benoemd zijn in hoofdstuk 2.2 het fundament voor het dimensioneren van de wegconstructies.

3 EMVI

*De inschrijving op project Maasvlakte Plaza wordt beoordeeld op EMVI. In deze paragraaf wordt verder uitgelegd wat EMVI precies betekent (**3.1.1. t/m 3.1.3.**) en welke beoordelingsmethoden voor de geformuleerde EMVI criteria er zoals gebruikt worden (**3.1.4.**). Er wordt dus niet alleen beoordeeld op de prijs, maar ook op aspecten zoals planning, kwaliteit en omgeving. Bij het traditioneel gunnen wordt alleen de prijs beoordeeld. Bij EMVI zijn er per gunningscriterium waarden te behalen. Bij het toepassen van EMVI gaat het om het behalen van optimale prijs kwaliteitverhouding.*

3.1 Verplichting EMVI

In de Aanbestedingswet is verplicht gesteld dat de aanbestedende dienst verplicht is te gunnen op criterium EMVI. Het gunnen bij de 'laagste prijs' is alleen toegestaan als de aanbestedende dienst kan motiveren waarom zij dit wilt toepassen. De ARW 2012 (Aanbestedingsreglement Werken 2012) wordt volgens artikel 11 van het Aanbestedingsbesluit gebruikt als richtlijn[4].

Hierin word vermeld: "Het ARW 2012 schrijft EMVI voor tenzij..", dit geldt ook voor aanbestedingen die onder de drempel vallen van Europese aanbestedingen. In de Europese aanbestedingsrichtlijnen zijn drempelwaarden vastgesteld om vast te stellen wanneer er Europees moet worden aanbesteed. De EMVI verplichting geldt niet voor aanbestedende diensten welke niet onderdeel zijn van de overheid.



3.2 Voorkeur EMVI door OG en aannemer

Zoals eerder aangegeven in hoofdstuk 1.1.3. is er tegenwoordig vanuit de opdrachtgever en aannemer steeds meer voorkeur voor EMVI. Dit omdat beide partijen hier uiteindelijk belang bij hebben. De opdrachtgever daagt hier de aannemer bij uit om niet alleen prijstechnisch een goede aanbidding te kunnen aanleveren, maar ook dat de aannemer zich kan bewijzen in andere aspecten zoals kwaliteit, planning en omgeving. Hierin kan de aannemer zich beter onderscheiden in de markt omdat nu niet alleen de prijs bepalend is. Wel moet de aannemer meer investeren in de tenderfase wegens de extra criteria waar aandacht aan besteed moet worden. Denk hierbij aan het opstellen van een plan van aanpak en planning. Het risico voor de aannemer is hiermee wel vergroot omdat er meer kosten hiervoor gemaakt moeten worden welke niet in rekening gebracht kunnen worden bij de opdrachtgever als de aannemer de inschrijving niet toegewezen heeft gekregen.

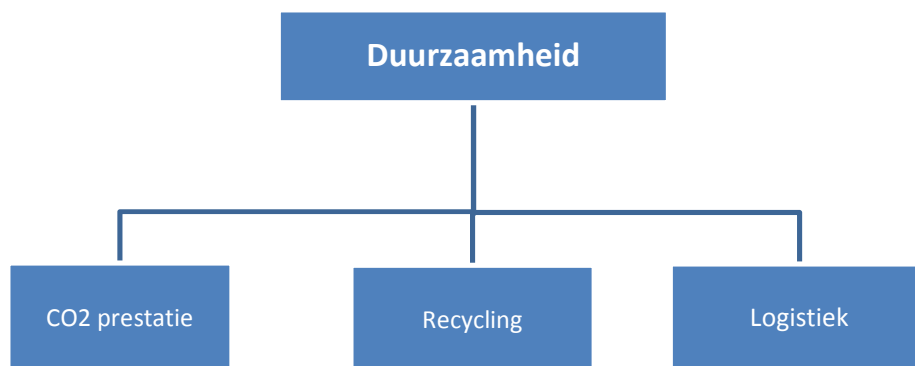
3.3 Beoordelingscriteria EMVI

De opdrachtgever stelt per tender een aantal EMVI criteria op welke zullen worden beoordeeld. De aanbieder van de aannemer richt zich uitsluitend op de EMVI criteria van het specifieke project. Voorbeelden van deze criteria zijn planning, omgeving en duurzaamheid.

De sturing bij EMVI is niet gebaat bij een grote hoeveelheid criteria. Het is aan de opdrachtgever om een zorgvuldige keuze te maken uit beschikbare criteria.

Een aanbeveling vanuit het document 'RWS Handleiding EMVI 2014' is dat de opdrachtgever EMVI-criteria kiest die goed waardeerbaar zijn en daarmee de betere inschrijver zich kan onderscheiden van de andere.

Bij voorkeur zijn deze criteria specifiek gerelateerd aan het doel en risico's van het betreffende project. Een beleid is om niet meer dan drie hoofdcriteria te hanteren. Deze hoofdcriteria kunnen bestaan uit verschillende subcriteria, mits deze maar een samenhangend geheel vormen. Ook is het uitgangspunt per hoofdcriterium niet meer dan drie subcriteria te hanteren.



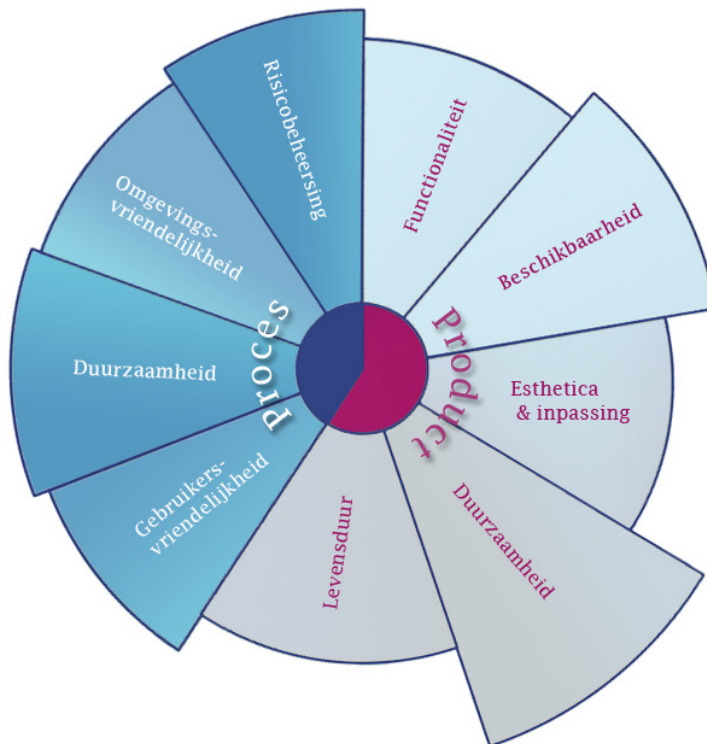
Afbeelding 3.1, Voorbeeld hoofd- en bijhorende subcriteria

Om te kijken of een criterium geschikt is voor EMVI kunnen de volgende punten getoetst worden: [24].

- Is het betreffende criterium representatief voor de belangen van de opdrachtgever?
- Vertegenwoordigd het criterium een waarde?
- Is het voor de inschrijvers een duidelijk criterium?
- Leidt het tot een beoordeelde situatie van de inschrijving?

De uiteindelijke invulling van de EMVI is altijd projectspecifiek. De uiteindelijk vastgestelde criteria die de opdrachtgever of aanbestedende dienst in de tender heeft toegewezen, mogen niet meer worden gewijzigd.

De criteria waar opdrachtgevers op oordelen zijn afhankelijk van projectspecifieke aspecten. Deze criteria zijn te verdelen in twee categorieën [5] (zie onderstaande afbeelding).



Afbeelding 3.2, Verdeling criteria Proces en Product [5].

De criteria worden onderverdeeld in proces- en productcriteria. De procescriteria worden toegepast door opdrachtgevers om in te kunnen zien hoe de inschrijvers hun organisatie- en uitvoeringsprocessen beheersen. Hierdoor kan een opdrachtgever bepalen welke proceskeuzes het beste invulling geven bij een bepaalde projectsituatie. De productcriteria worden toegepast om de kwaliteit te waarborgen die de aannemer of inschrijver moet leveren. De in bovenstaande afbeelding genoemde criteria worden onderstaand toegelicht.

Procescriteria[5]

- Risicobeheersing
Door dit criterium toe te passen kunnen opdrachtgevers bepalen welke inschrijvers goed met risicobeheersing kunnen omgaan. Vaak wordt er gevraagd om bij inschrijving een risicoanalyse in te dienen waarbij risico's en de bijhorende beheersmaatregelen zijn opgesteld.
- Omgevingsvriendelijkheid
Door omgevingsvriendelijkheid op te nemen in de uitvraag kan de opdrachtgever de markt stimuleren om met slimme procesgerichte oplossingen te komen om de overlast voor de omgeving te beperken. Dit kan zich bijvoorbeeld uiten in een betere doorstroming van het verkeer in de omgeving gedurende werken aan infrastructuur, communicatiestrategieën met omwonenden of een garantie van de bereikbaarheid gedurende de uitvoering van het project.

- Duurzaamheid

Om duurzaamheid van het project te garanderen, kan een opdrachtgever naast productduurzaamheid ook de duurzaamheid van het proces in de uitvraag plaatsen.

Hiermee worden inschrijvende marktpartijen gestimuleerd tot een duurzame procesvorming waar bijvoorbeeld rekening gehouden wordt met zaken als Social Return on Investment (SROI), en voldoen aan eisen van de CO₂-prestatieladder.



- Gebruikersvriendelijkheid

Gebruikersvriendelijkheid in de uitvraag doelt vaak op projecten in situaties waar het object gedurende de uitvoer in gebruik blijft. Bijvoorbeeld bij een infrastructuur werk is het zaak dat de infrastructuur toegankelijk blijft op een veilige manier. De verkeershinder moet zo min mogelijk zijn.

Productcriteria[5]

Bij het toepassen van productcriteria worden hoge productkwaliteiten gegarandeerd van de betreffende inschrijvers. Inschrijvers willen onderscheidend in de markt zijn, hierdoor ontstaan innovatieve producten.

- Functionaliteit

Door functionaliteit op te nemen in een EMVI-aanbesteding is het mogelijk om de markt goed te laten nadenken over de functionaliteit van de opdracht. Hierdoor krijgen inschrijvers de kans hun innovatieve oplossingen en ideeën te tonen. Een voorbeeld hierbij is een kaal gebied die moet ingericht worden als een parkeerplaats waarbij optimaal gebruik gemaakt moet worden van de beschikbare ruimte.

- Beschikbaarheid

Door beschikbaarheid op te nemen als EMVI-aspect in de aanbesteding worden marktpartijen gevraagd de beschikbaarheid van het product op te nemen in het ontwerp. Een aanbestedende dienst kan een inschrijvende partij uitdagen om een doorlooptijdverkorting te realiseren. Een voorbeeld hierbij is een stuk snelweg die vervangen wordt. De snelweg moet zo snel mogelijk weer open voor verkeer. Bij het toepassen van de doorlooptijdverkorting wordt de inschrijver gestimuleerd om hier optimalisatie in te behalen. Zo wordt er veel aandacht besteed door inschrijver aan planning.

- Esthetica en inpassing

Esthetica en inpassing geeft opdrachtgevers de mogelijkheid te sturen op aspecten om te garanderen dat het project voldoet aan een verwachte beeldkwaliteit. Een jurybeoordeling kan de opdrachtgever op deze wijze de ontwerpen van de marktpartijen beoordelen op visuele aspecten, om een goede inpassing in de omgeving te garanderen. Dit kan bijvoorbeeld ook zijn dat de inschrijver van een asfaltvervanging binnen de bebouwde kom een geluid reducerende deklaag voorstelt waarin het geluid van passerend verkeer wordt geminimaliseerd en hierdoor het overlast bij bewoners afneemt.

- Duurzaamheid

Duurzaamheid in de productcriteria heeft betrekking tot de te leveren producten door inschrijver. Door dit criterium toe te passen zullen inschrijvers producten produceren en aanbieden die onderscheidend zijn in de markt. Denk hierbij aan 100% gerecycled materiaal of geluid reducerende deklagen. Duurzaamheid is een ruim begrip, de opdrachtgever dient wel duidelijk af te bakenen welke aspecten er onder dit begrip vallen bij een aanbesteding.



- Levensduur

Zeker wanneer een opdrachtgever marktpartijen wil laten nadenken over levensduurkosten, kan dit in de uitvraag meegenomen worden. Aanbieders dragen de ontwerpverantwoordelijkheid en kunnen daarmee levensduurkosten beïnvloeden door bijvoorbeeld te sturen op materiaalgebruik en vormgeving. Denk hierbij aan een bepaald innovatief asfaltmengsel welke een langere levensduur heeft dan een standaard mengsel.

3.4 Beoordelingsmethoden EMVI

Bij EMVI aanbestedingen passen de aanbestedende diensten verschillende beoordelingsmethoden toe op de inschrijvingen. Over het algemeen zijn er drie verschillende methoden te noemen [5,6,14]:

- De puntenmethode

In deze methode worden prijs en kwaliteit uitgedrukt in punten en opgeteld. Per criterium worden er punten toegekend. De inschrijver welke over de diverse criteria de meeste punten scoort krijgt het project gegund. Zie onderstaand in tabelvorm een voorbeeld weergegeven.

Inschrijvers	Toegekende punten na beoordeling op criteria			
	Planning	Prijs	Omgeving	Totaal
Inschrijving A	5	5	6	16
Inschrijving B	6	4	8	18
Inschrijving C	7	8	4	19

Tabel 3.1, Voorbeeld puntenmethode

In dit voorbeeld worden er per criterium punten toegekend aan de inschrijvers. Hierin heeft inschrijver C de meeste punten toegekend gekregen en krijgt hij dus het project gegund.

- De EURO methode

In de EURO methode wordt kwaliteit vertaald naar euro's die in mindering gebracht worden als fictieve korting op de inschrijfprijs. De aanbestedende dienst kan voor bepaalde criteria fictieve kortingen geven aan de hand van de beoordeling. Er worden punten gegeven welke vertaald worden naar een korting. De korting heeft altijd een maximum. Zie onderstaand in tabelvorm een voorbeeld weergegeven.

Inschrijvers	Planning Korting maximaal € 25.000,-	Prijs Korting maximaal € 30.000,-	Omgeving Korting maximaal € 10.000,-	Totaal korting €	Inschrijfprijs	Fictieve inschrijfprijs
Inschrijving A	8 € 20.000,-	6 € 18.000,00	6 € 6.000,00	€ 44.000,00	€ 230.000,00	€ 186.000,00
Inschrijving B	6 € 15.000,-	6 € 18.000,00	8 € 8.000,00	€ 41.000,00	€ 210.000,00	€ 169.000,00
Inschrijving C	7 € 17.500,-	8 € 24.000,00	7 € 7.000,00	€ 48.500,00	€ 245.000,00	€ 196.500,00

Tabel 3.2, Voorbeeld EURO methode

Hier is per criterium een fictieve korting bepaald. De totale korting wordt van de inschrijfsom afgetrokken. In dit voorbeeld heeft inschrijver C de meeste fictieve korting behaald. Echter heeft inschrijver B de laagste aanneemsom behaald door de toegekende fictieve korting. Hier krijgt dus inschrijver B het project gegund.

- De waarde/prijs methode

In de waarde/prijs methode worden er per criterium punten toegekend. Vervolgens wordt de inschrijfprijs gedeeld door het totaal behaalde punten. Hierdoor ontstaat er een waarde per punt. De inschrijver met het laagst behaalde bedrag krijgt het project gegund. Zie onderstaand in tabelvorm een voorbeeld weergegeven.

Inschrijvers	Planning	Prijs	Omgeving	Totaal punten	Inschrijfprijs	€ per punt
Inschrijving A	4	6	6	16	€ 230.000,00	€ 14.375,00
Inschrijving B	9	5	6	20	€ 210.000,00	€ 10.500,00
Inschrijving C	6	7	7	20	€ 245.000,00	€ 12.250,00

Tabel 3.3, Voorbeeld waarde/prijs methode

In bovenstaand voorbeeld heeft inschrijver B de laagst behaalde waarde per punt en zal daarmee het werk gegund krijgen.

3.5 EMVI vanuit tender Maasvlakte Plaza

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft in de inschrijvingsleidraad vastgesteld hoe de inschrijving beoordeeld wordt. Omdat het project boven de drempelwaarde van € 5.186.000,- valt is de opdrachtgever verplicht een Europese aanbesteding te houden. Dit houdt in dat er partijen afkomstig uit heel Europa mogen inschrijven op de tender en daarmee een kans krijgen dit project aan te nemen. Het gunningscriterium is EMVI en de methode van beoordelen is de EURO methode. Het project wordt dus gegund aan de inschrijver met de laagste fictieve inschrijfprijs, welke wordt bepaald aan de hand van de gunningscriteria.

De opdrachtgever heeft de volgende gunningscriteria opgesteld:

- Inschrijfprijs
- Plan van aanpak
 - a Aanpak behoud natuurwaarden
 - b Aanpak coördinatie
 - c Bouwlogistiek en planning

Nr	Doel Opdrachtgever	Beoordelingsaspecten	Inschrijfprijs (€)
G1	Zo laag mogelijke prijs voor de hele Opdracht	Aanbiedingsprijs voor Realisatie Gebiedsontwikkeling Maasvlakte Plaza	

Nr	Doel Opdrachtgever	Beoordelingsaspecten	Fictieve korting (€)
G2	Inzicht en vertrouwen in integrale aanpak van alle benodigde bouwactiviteiten	a. Behoud natuurwaarden b. Coördinatie c. Bouwlogistiek plan	max. € 5.000.000,-

	Fictieve inschrijfprijs (= de inschrijfprijs verminderd met de gescoorde fictieve korting op de kwalitatieve criteria)	= G1 – G2
--	--	-----------

Tabel 3.4, Opbouw gunningscriteria en beoordeling [15]

In bovenstaande tabel is de manier van beoordelen middels de EURO methode weergegeven. De fictieve korting wordt bepaald aan de hand van het scoren op punten a, b en c (behoud natuurwaarden, coördinatie en bouwlogistiek plan). G1 betreft de inschrijfprijs. Hier is het doel van de opdrachtgever om de realisatie uit te laten voeren waarbij de kosten zo laag mogelijk zijn en de uitvoering wel voldoet aan alle eisen.

Per gunningscriterium worden er diverse aspecten beoordeeld. Deze worden onderstaand verder gespecificeerd.

A behoud natuurwaarden

In dit onderdeel dient de inschrijver aan te geven hoe tijdens de werkzaamheden invulling wordt gegeven aan het behoud van de natuurwaarden.

- Welke uitgangspunten en principes worden gehanteerd;
- Welke activiteiten en/of maatregelen worden hiervoor ondernomen;
- Welke effecten dit heeft op de planning en fasering;
- Welke kennisdrager op het gebied van natuur en milieu wordt ingezet gedurende het project om het behoud van de natuurwaarden in het gebied te garanderen.

B coördinatie

In dit onderdeel geeft inschrijver aan hoe invulling wordt gegeven aan de coördinatieverplichtingen.

- Welke uitgangspunten en principes worden gehanteerd;
- Welke activiteiten worden hiervoor ondernomen;
- Welke effecten dit heeft op de planning en fasering en hoe flexibiliteit hierin wordt ingebouwd;
- Welke kennisdrager/ ervaringsdeskundige op het gebied van coördinatieafspraken wordt ingezet gedurende het project en is belast met de coördinatie van het ontwerp en plannings met de nevenopdrachtnemers.

C bouwlogistiek en planning

De inschrijver dient een haalbare en realistische planning in te dienen op basis van de opgegeven mijlpalen uit de overeenkomst. Hierin worden de belangrijkste activiteiten voor de realisatie van het project en de onderlinge relatie tussen deze activiteiten inzichtelijk, alsmede het kritieke pad en buffers. Ook dienen de activiteiten vanuit het plan van aanpak voor behoud van natuurwaarden en coördinatie te zijn opgenomen.

De inschrijver dient een realistisch en haalbaar bouwlogistiekplan in. Hierin moeten minimaal de volgende onderdelen zijn opgenomen:

- Een beschrijving van en toelichting op de faseringsstappen in de uitvoering van de werkzaamheden;
- Inzicht in de beschikbaarheid van bouwlocaties voor Derden tijdens de bouwperiode;
- Inzicht in de bereikbaarheid van bouwlocaties voor Derden tijdens de bouwperiode;
- Inzicht in de bouwplaats inrichting en beschikbaarheid van de bouwlocatie voor de nevenopdrachtnemers;
- Inzicht in de wijze van communiceren rondom fasering;
- Inzicht in de robuustheid/ flexibiliteit van het faseringsplan: op welke wijze zijn risico's verwerkt en hoe worden deze beheerst zodat de doorlooptijd niet in gevaar komt.

De bovengenoemde specificatie wordt beoordeeld conform onderstaande tabel. Hierin zijn links in de tabel onder a, b en c de subcriteria van het plan van aanpak onderverdeeld. Per subcriteria kunnen er maximaal 5 punten behaald worden.

Nr.	Aspect per onderdeel	Weging	Max. aantal punten	Max. score
a	- Project-specifieke analyse en aanpak; - Concreet omschreven activiteiten; - Pro-actieve en flexibele inzet; - Ruime ervaring kennisdrager.	5x	5	€ 1000.000,-
b	- Project-specifieke analyse en aanpak; - Concreet omschreven activiteiten; - Pro-actieve en flexibele inzet; - Ruime ervaring kennisdrager.	10x	5	€2.000.000,-
c	- Volledigheid en consistentie; - Robuustheid (mate waarin ruimte is opgenomen in de planning om incidenten en tegenvallers op te vangen); - Logica van de fases; - Goede afstemming broedseizoen e.d.; - Ruime beschikbaarheid bouwlocaties Derden; - Goede bereikbaarheid bouwlocaties Derden; - Heldere communicatie. - Bouwplaats inrichting	10x	5	€2.000.000,-
Totale maximumscore				€5.000.000,-

Tabel 3.5, Opbouw subgunningscriteria en beoordeling [15]

Op elke criteria dient minimaal 2 punten behaald te worden. Wanneer er voor een criteria lager dan 1 punt gescoord wordt, dan is inschrijver uitgesloten van verdere deelname.

De score wordt als volgt berekend: punt * weging * €40.000,- Bijvoorbeeld: er worden 3 punten toegekend aan “behoud natuurwaarden”, de weging hiervoor is 5. De berekening is dan als volgt: $5 * 3 * €40.000,- = € 600.000,-$.

3.6 Bevindingen EMVI Criteria Maasvlakte Plaza

Uit de analyse van de EMVI criteria is het volgende op te merken:

De wegconstructie op Maasvlakte Plaza is een zeer groot onderdeel uit het project. Het Havenbedrijf Rotterdam heeft in de EMVI criteria niks gespecificeerd hierover. Het is merkwaardig dat er in de EMVI criteria geen componenten zijn opgenomen voor de wegconstructie. Er zijn een aantal eisen opgesteld waar de wegconstructie aan moet voldoen, maar de opdrachtgever laat de aannemer hier redelijk vrij in om verschillende mogelijke varianten aan te bieden. Omdat de wegconstructie een groot aspect is in dit project, en er vele varianten mogelijk zijn, had het voor zowel aannemer als opdrachtgever aantrekkelijk geweest om hierover in de EMVI criteria een aantal aspecten mee te nemen. Hierdoor zou de aannemer zich kunnen onderscheiden van de andere inschrijvers door met een eigen wegconstructie variant te scoren op eventuele EMVI criteria. Bijvoorbeeld een criterium voor de duurzaamheid van de te gebruiken materialen. Hierbij kan de aannemer bepaalde materialen gebruiken in de wegconstructie welke duurzaam zijn en waar dus mee kan worden gescoord bij de inschrijving. Ook kunnen de EMVI criteria ervoor zorgen dat een aannemer de constructie zoveel mogelijk optimaliseert. De opdrachtgever hecht wel waarde aan een lage prijs zoals te zien is tabel 3.4 criteria G1. Om de lage prijs ook aan te kunnen bieden zijn er diverse mogelijkheden welke toegepast kunnen worden in de wegconstructies. Een voorbeeld hiervan is materialen direct uit de omgeving halen. Deze zijn in hoofdstuk 4.3 bepaald.

De overige EMVI criteria hebben betrekking tot het behoud van natuurwaarden, coördinatie en een bouwlogistiek plan. Deze criteria kunnen volgens afbeelding 3.2 te worden ingedeeld in het volgende:

- *Behoud natuurwaarden, coördinatie en bouwlogistiek plan:*
Proces >>>Omgevingsvriendelijkheid en risicobeheersing

Het is begrijpelijk dat deze criteria zijn opgesteld. Het project bevindt zich naast een broedplaats voor vogels, en het is erg belangrijk dat de flora en fauna goed beschermd worden. Bij dit criterium wordt de aannemer 'gedwongen' hier goed over na te denken en diverse maatregelen aan te bieden waar op gescoord kan worden. De criteria coördinatie en een bouwlogistiek plan zijn ook begrijpelijk. De opdrachtgever wilt hier graag zien hoe de aannemer omgaat met deze aspecten en wilt hier zoveel mogelijk optimalisatie in zien. De aannemer moet dus, om hier op te scoren, hier bepaalde zaken voor aanbieden.

Wat mist in de EMVI criteria, volgens afbeelding 3.2, zijn criteria welke scoren op product. Het Havenbedrijf heeft geen enkel criterium opgesteld welke hieraan gerelateerd kan worden. De beoordelingsmethode van EMVI op de tender is de EURO methode. Dit is een goede keuze voor dit project. De basis hierbij is de inschrijfprijs, waarop vervolgens fictieve kortingen worden gegeven wat resulteert in een fictieve inschrijfsom. Hierbij kan er per subcriterium gescoord worden.

4 Literatuuronderzoek naar aard en soort wegconstructies

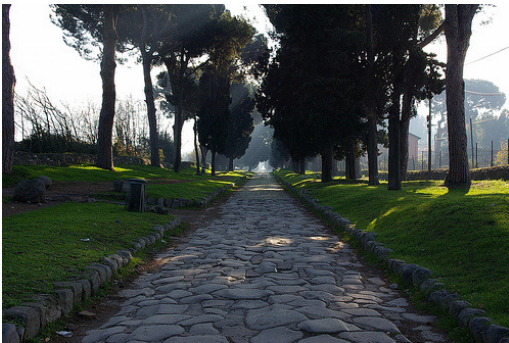
In dit hoofdstuk wordt er gekeken naar een stukje geschiedenis van de wegen(4.1). Vervolgens wordt er onderzocht waar een wegconstructie uit bestaat en hoe deze is opgebouwd (4.2). Het onderzoek vervolgt in een onderzoek naar beschikbare materialen in Nederland. In paragraaf 4.3 worden de materialen bepaald waarmee de wegconstructies gedimensioneerd worden. Daarna wordt er onderzocht welke rekenprogramma's er beschikbaar zijn om wegconstructies te dimensioneren(4.4). Het dimensioneren van de wegconstructies (4.5.) zal gebeuren na het samenstellen van de diverse te gebruiken materialen voor de varianten.

4.1 Geschiedenis wegconstructies

‘Een weg is een smalle strook grond in een landschap, gebruikt en geschikt gemaakt voor het verkeer, de verbinding van de ene plaats tot de andere’.

Uitgaande van deze definitie van een weg, zijn wegen net zo oud als de mensheid zelf. De echte aanleg van wegen is vooral ontwikkeld door de Romeinen.

De Romeinen hebben de eerste doordachte en zware wegconstructies gemaakt. Een van de bekendste hiervan is de Via Appia. Deze weg loopt van Rome tot aan Brindisi en de bouw hiervan is begonnen in het jaar 312 voor Christus.



Afbeelding 4.1, de Via Appia [17]

Vandaag de dag bestaan veel wegen uit asfalt. Asfalt word al heel lang gebruikt op de aarde maar het begon ooit met het toepassen in andere aspecten. De Mesopotamiërs (Mesopotamië is het huidige Irak) gebruikten asfalt om hun baden mee waterdicht te maken. De Feniciërs (Fenicië is het huidige Libanon) gebruikten asfalt om hun schepen waterdicht te maken en de Egyptenaren gebruikten asfalt bij de Nijl om erosie te voorkomen.

Door de ontwikkeling van voertuigen en krachtbronnen zoals de stoommachine en dieselmotoren begin 19^e eeuw werd de behoefte aan goede verharde wegen steeds groter. In 1873 werd in Nederland het eerste wegdek van stampasfalt in de Amsterdamse Kalverstraat gelegd.

In 1923 had Amsterdam de primeur van het aanbrengen van het eerste asfaltbeton in Nederland.



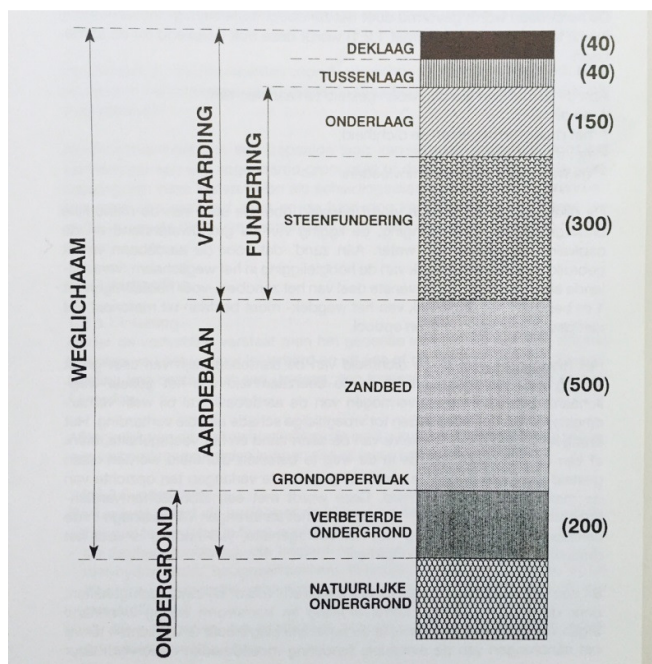
Afbeelding 4.2, Een asfalt wals in 1906

Gedurende de tijd is de toepassing en technologie van asfalt enorm gegroeid. Tegenwoordig is asfalt niet weg te denken uit het straatbeeld. Asfaltwegen zijn zeer comfortabel te berijden. Vanaf de 20^e eeuw wordt het asfalt veel gebruikt in asfaltbeton dat als wegdek moet dienen. Dit is in 1870 ontwikkeld door de Belgische chemicus Edward de Smedt. Er zijn veel nieuwe asfaltsoorten ontwikkeld. Een voorbeeld hiervan is ZOAB (Zeer Open Asfalt Beton).

De eerste toepassing van asfalt in Nederland vond plaats bij Wassenaar op de Rijksweg A44 in de vorm van een gepenetreerde steenslaglaag. Na deze tijd is de ontwikkeling van het wegennet tot de jaren 70 enorm gegroeid. In dit jaar 2015 is het Nederlandse wegennet vrijwel voltooid en verschuift de hoofdactiviteit in de wegenbouw meer naar reconstructies, verbredingen en onderhoud [17].

4.2 Opbouw wegconstructie

Een weg bestaat uit meerdere lagen welke allemaal een functie uitoefenen in de wegconstructie. In verband met een bepaald gewenst draagvermogen, langs en dwarsprofiel en afwatering wordt een weg op een weglichaam aangelegd. Een weglichaam bestaat uit twee hoofdelementen: de aardebaan en de verharding. Tot de aardebaan worden gerekend het zandbed en de grondverbetering. Tot de verharding wordt gerekend het asfalt, beton of elementenverharding en fundering. Onderstaand is een schematische opbouw weergegeven van de diverse onderdelen van een asfaltwegconstructie in zijn totaal. Een wegconstructie met elementenverharding wordt vaak direct op de zandlaag aangebracht. Een betonverharding kan op een zandbed op steenfundering worden aangebracht. Wel komt er een folie tussen te liggen om vochtuittrekking naar de ondergrond te voorkomen.

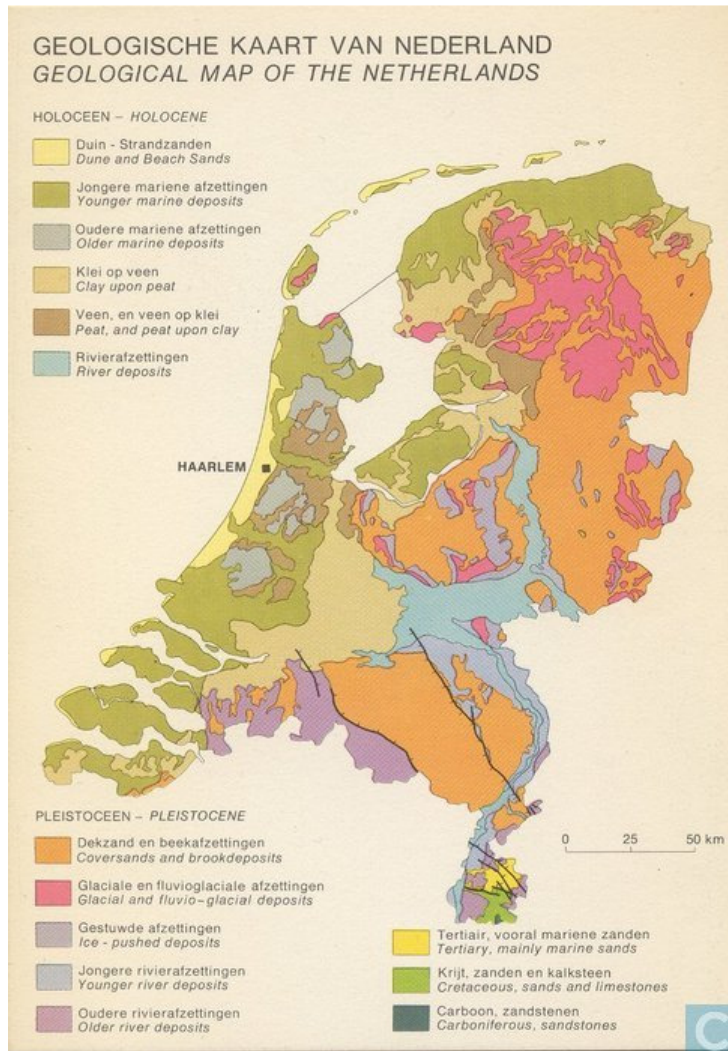


Afbeelding 4.3, Opbouw van een asfaltwegconstructie [17]

Meestal zijn niet alle bovenstaande aangegeven lagen benodigd om tot een geschikte wegconstructie te komen. Een zandbed kan van nature al aanwezig zijn op een plek waar een weg moet komen. Een weg kan bijvoorbeeld nieuw aangelegd worden in een gebied waar voorheen nog geen weg gelegen heeft, of een bestaande weg kan vervangen worden. Per gebied en situatie is dit afhankelijk van de aanwezige wegconstructie of ondergrond.

4.2.1 Ondergrond

Onder de ondergrond wordt verstaan de ‘natuurlijke’ ondergrond. Hiermee wordt de ondergrond bedoeld welke vanaf oorsprong al aanwezig is op een bepaalde locatie. De ondergrond kan uit verschillende materialen bestaan met verschillende eigenschappen. In Nederland bevinden zich diverse soorten ondergronden. Vanaf de kust tot aan het oosten van het land zie je hier verschillen in terugkomen welke allemaal te herleiden zijn aan locatie en gebied.



Afbeelding 4.4, Geologie van Nederland [18]

In het westen van het land zien we aan de kusten veel duin en strandzanden terugkomen. Hier zal dus ondergrond van het gebied dus vooral uit zand bestaan. Verder het land in ontstaan er diverse afzettingen zoals klei of veen.

Onderstaand zijn de in Nederland mogelijke ondergronden omschreven.

- Zand

Zand bestaat uit zandkorrels. Dit zijn hele kleine stukjes steen tussen de 63 μ en 2 millimeter. Ooit is elke zandkorrel begonnen als onderdeel van een vaste steen. Door de jaren heen heeft de natuurlijke werking van erosie, waterstromingen etc werking op de gesteenten. Hierdoor slijten de stenen en worden verder gevormd in kleinere deeltjes. Uiteindelijk komen hier dus zanddeeltjes uit. Zand is een veelgebruikte grondsoort welke toegepast word allerlei aspecten. Zand is erg draagkrachtig en goed te verdichten en verwerken. De volumieke massa van zand ligt tussen de 1600 en 1900 kg/m³.

- Klei

Klei is een grondsoort welke voornamelijk bestaat uit lutum. De gronddeeltjes lutum zijn kleiner dan 2 μ (kleiner dan 0,002mm). Wanneer de grond bestaat uit meer dan 25% lutumgronddeeltjes spreekt men van klei. Klei bestaat uit kleimineralen en is slecht waterdoorlatend. Kleideeltjes zijn erg plat en en hechten goed aan elkaar vast. Klei word gebruikt voor het bakken van straatstenen en dakpannen maar ook word klei veel gebruikt in dijken om het doorstromen van water tegen te gaan. Klei is over het algemeen een slappe bodemlaag en niet draagkrachtig. Bij aanwezigheid van klei kan de keuze gemaakt worden om deze slappe laag te verwijderen en grondverbetering toe te passen. De volumieke massa van klei ligt tussen de 1600 en 2000 kg/m³.

- Veen

Veen bestaat voornamelijk uit onverteerde plantenresten. Veen is opgebouwd uit diverse oude lagen plantenresten welke samengedrukt zijn. Vroeger werd veen gebruikt om turf van te maken, dit was een brandbare grondsoort welke gebruikt werd als brandmateriaal. Veen is een slappe bodemlaag en de volumieke massa ligt tussen tussen de 800 en 1000 kg/m³ (nat) en rond de 100kg/m³ droog. Bij aanwezigheid van veen kan de keuze gemaakt worden om deze slappe laag te verwijderen en grondverbetering toe te passen

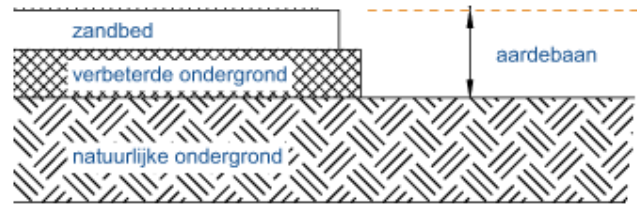
- Leem

Net als zand bestaat leem uit korrelige deeltjes welke afkomstig zijn van gesteenten. Leem bestaat voornamelijk uit silt. Dit is een grondsoort waarvan de deeltjes korrelgrootten hebben tussen de 2 en 50 micrometer. Een gemiddelde verhouding van leem bestaat uit 20% zand, 10% klei en 70% silt. Leem werd vroeger vaak gebruikt in materialen om muren in huizen mee te maken. De volumieke massa van leem ligt tussen de 1600 en 2000 kg/m³.

In Nederland komen veel overgangsvormen van deze grondsoorten voor en ook een opeenstapeling van diverse grondsoorten zie je vaak terug.

4.2.2 Aardebaan

De aardebaan bestaat uit het zandbed in de wegconstructie. Indien er een grondverbetering is toegepast, dan wordt deze ook gerekend tot de aardebaan. Aan de aardebaan worden eisen gesteld ten aanzien van de dikte, het draagvermogen en dichtheid, de waterdoorlatendheid en weerstand tegen vorstinvloeden. De dikte van de aardebaan



wordt bepaald aan de hand van de aanwezigheid van de betreffende natuurlijke ondergrond, de vorstindringing en de grondwaterstand. Aan het zand wat wordt gebruikt voor de aardebaan worden diverse eisen gesteld. Het bovenste gedeelte van het zandbed, tot 1 meter onder het oppervlak van het wegdek, moet bestand zijn tegen vorstinvloeden en opdooi. Dit kan namelijk van invloed zijn op de constructie. Het totale draagvermogen en de dichtheid van de aardebaan zijn zeer belangrijk voor de levensduur van de wegconstructie. Een slecht draagvermogen in de aardebaan zal leiden tot schades in het wegdek. Het draagvermogen hangt sterk af van de dichtheid van het materiaal in de aardebaan. Deze verdichting moet zeer goed zijn en wordt gemeten met de proctorproef. Deze proef bepaald de verdichting van het materiaal. Vaak wordt er een minimale verdichting van 95% geëist en in toplagen zelfs 98%. Verdichten kan met een trilplaat of wals gebeuren, maar ook kan het zandbed ingewaterd worden. Door het nat te maken stroomt het water naar de bodem waardoor de zanddeeltjes dicht op elkaar worden getrokken, hierdoor wordt het zand verdicht [17].

4.2.3 Fundering

Tussen het zandbed en de verharding wordt een fundering toegepast. De fundering dient als basis voor de bovenliggende lagen en heeft meerdere functies:

- Beperkt permanente vervorming aan de verharding als gevolg van de belasting van het verkeer: Een fundering zorgt ervoor dat de verhardingslagen vlak blijven.
- Lastspreidende laag: De ondergrond van de wegconstructie mag niet bezwijken. Samen met de verharding verspreidt de fundering de belasting zodat de contactdruk op de ondergrond niet te groot is.

In het algemeen kunnen we onderscheid maken tussen 3 soorten funderingen:

- Ongebonden;
- Licht gebonden;
- Gebonden.

Ongebonden en licht gebonden funderingen	
Type fundering	Bestaat uit
Menggranulaat	Mengsel van gebroken betonpuin en gebroken metselpuin
Betongranulaat	Gebroken betonpuin
Hydraulisch menggranulaat	Mengsel van gebroken metselpuin waaraan een stabilisator is toegevoegd
Hydraulisch betongranulaat	Mengsel van gebroken betonpuin waaraan een stabilisator is toegevoegd
Hoogovenslakmengsel	Mengsel van gebroken hoogovenslak, gegraneerde hoogovenslak en soms LD-staalslak
Fosforslakmengsel	Mengsel van gebroken fosforslak, gegraneerde hoogovenslak en soms LD-staalslak
LD-staalslak	Mengsel van gebroken LD-staalslak en gegraneerde hoogovenslak
Zand	100% zand

Tabel 4.1, Overzicht types ongebonden en lichtgebonden funderingen

Gebonden funderingen	
Type fundering	Bestaat uit
Gebonden asfaltgranulaat	Mengsel van asfaltgranulaat, zand of brekerzand, cement en water.
Zandcement	Mengsel van zand, cement en water
Bitumineus gebonden(asfalt)granulaat	Mengsel van asfaltgranulaat, zand of brekerzand, bitumenemulsie en water

Tabel 4.2, Overzicht types gebonden funderingen

Deze funderingen verschillen van elkaar wat betreft:

- **Krachtsoverdracht**
Elke fundering heeft een andere krachtsoverdracht.
- **Sterkte en stijfheid**
Elk type fundering heeft een andere sterkte en stijfheid. Het type fundering wordt bepaald aan de hand van de op te treden belastingen.
- **Fysische eigenschappen van de fundering als geheel**
Elke soort fundering heeft verschillende eigenschappen
- **Mogelijkheden tot hergebruik van materiaal**
Elke soort fundering heeft verschillende mogelijkheden tot hergebruik. Een menggranulaat kan na een kleine handeling hergebruikt worden. Een gebonden asfaltgranulaat moet eerst door een breker heen.

Ongebonden funderingen worden meestal aangelegd in laagdiktes van 20 tot 40cm. De fundering wordt verdicht met zware walsen van 10 tot 12 ton.

Ongebonden funderingen kunnen zettingen van de aardebaan volgen zonder dat er scheurvorming optreedt. Het wegdek zal hier dan minder comfortabel berijdbaar zijn, maar daarentegen wordt de weg niet vernield door de zettingen. Deze funderingen worden vaak toegepast in gebieden waar veel zetting optreedt.

Dit type fundering is minder stijf dan gebonden funderingen. Hierdoor zal bij het dimensioneren van de wegconstructie een hogere dikte van de top laag benodigd zijn.



Afbeelding 4.5, Een puinwals

Bij licht gebonden funderingen is de stijfheid hoger waardoor de wegconstructie met een minder dikke top laag kan voldoen. Door een licht gebonden fundering toe te passen in een asfaltweg kan er dus minder asfalt aangebracht worden om de belastingen op te vangen.

Gebonden funderingen worden vaak toegepast in gebieden waar weinig zetting optreedt.

Bij dit type fundering wordt er een bindmiddel toegevoegd aan de grondstof waardoor de eigenschappen van de fundering veranderen. Gebonden funderingen welke het meest worden toegepast in Nederland zijn zandcementstabilisatie en asfaltgranulaat. Bij de zandcementstabilisatie wordt er zand en cement met water gemengd.



Afbeelding 4.6, Aanleg zandcementfundering

Het mengen van deze producten kan plaats vinden op locatie van waar het aangebracht moet worden (mix-in-place) of al van te voren in een mixplant.

Deze fundering wordt aangebracht in laagdikten van 20 tot 45 cm welke in verschillende lagen wordt aangebracht. Dit kan niet nat in nat aangebracht worden, de eerste laag moet uitgehard zijn voordat de volgende laag wordt aangebracht. Tijdens het drogen van de laag kunnen er scheuren ontstaan ten gevolge van het drogingsproces als de laag niet dik genoeg is aangebracht. Deze scheuren kunnen zich verder vormen in de bovenliggende lagen. Hierdoor is er bij deze constructie een eis gesteld dat binnen 24 uur na het aanbrengen van een eerste laag asfalt één of meer volgende lagen worden aangebracht om de minimaal benodigde dikte te behalen. De minimale asfaltdikte hier aanbevolen door de CROW is 12cm en bij zwaarbelaste wegen 14cm. Scheurvorming kan worden tegengegaan door binnen 24 uur na het stabiliseren het asfalt aan te brengen. Door het asfalt binnen dit tijdspad aan te brengen wordt de uitdroging van de stabilisatie vertraagd. Wat ook mogelijk is, is om eerst de zandcementfundering compleet te laten uitharden. Pas na de droging kan het asfalt worden aangebracht[19].

Asfaltgranulaat wordt toegepast in 2 types, type A1 en A2. Type A1 bestaat uit ten minste 80% asfaltgranulaat(gebroken asfalt) gemengd met zand en gemiddeld 50 tot 100 kg/m³ cement. Type A2 bestaat uit tenminste 40% asfaltgranulaat aangevuld met bepaalde steensoorten en zand en cement. De structurele eigenschappen van beide types zijn gelijkwaardig. Het gedrag komt grotendeels overeen met een zandcement fundering, maar het scheurgedrag van asfaltgranulaat is gunstiger dan dat van de zandcement fundering. Type A1 werd in het verleden BRAC genoemd (BReekAsfaltCement). In verband met de invoering van type A2 is de naam gewijzigd. Er wordt nu gesproken over 2 types gebonden asfaltgranulaat. Het cement kan gedeeltelijk worden vervangen door bitumen. Het gevolg hiervan is dat de stijfheid iets lager wordt en het scheurgedrag gunstiger wordt [19].

In de bijlage 3 zijn tabellen toegevoegd waarin de ongebonden, lichtgebonden en gebonden funderingen met hun materiaaleigenschappen zijn weergegeven.

4.2.4 Beton, asfalt en elementenverharding

De deklaag van een weg is de top laag welke bestaat uit een verharding van een bepaald materiaal. Er zijn diverse materialen waar een wegconstructie uit kan bestaan. Elke soort wordt toegepast in diverse situaties. Dit heeft te maken met de belastingen welke op de weg optreden maar ook vaak de uitstraling van de deklaag is een keuze voor een materiaal. De deklaag wordt blootgesteld aan de meeste invloeden zoals verkeers- en weersinvloeden.

Hierdoor moet de deklaag aan hoge eisen voldoen en is de deklaag vaak de duurste laag zijn van een wegconstructie. De eisen welke gesteld worden verschillen per situatie en materiaal. De eisen bestaan vooral uit eisen voor slijtvastheid, weerstand tegen vervorming, weerstand tegen weersinvloeden, stroefheid, vlakheid en textuur. Onderstaand zijn een drietal mogelijke materialen voor deklagen omschreven. Onder asfalt zullen ook de onder- en tussenlagen behoren tot het pakket.

Beton

Beton bestaat uit zand, cement, grind en water. Cement verhard door toevoeging van water. Een belangrijk onderdeel van beton is het granulaat. Granulaat kan zijn zand, grind of steenslag. Hoe kleiner deze granulaat is hoe meer water er moet worden toegevoegd. Ook worden er soms toeslagmaterialen gebruikt om de betoneigenschappen te veranderen. Een voorbeeld hiervan is een vulstof gemaakt van gemalen bakstenen. Dit zorgt voor een hogere stabiliteit van het betonmengsel.



Afbeelding 4.7, Voorbeeld betonweg.

Ook zijn er hulpstoffen beschikbaar welke toegevoegd worden in de betonmengsels om diverse redenen. Er zijn versnellers en vertragers welke zorgen voor een snellere of langzame uitharding van de beton. Plastificeerders kunnen worden toegevoegd om de beton meer soepel te maken, dit wordt vaak gebruikt bij beton welke verpompt wordt middels een betonpomp.

Een betonverharding wordt vaak toegepast op wegen waar hoge belastingen optreden en waar de ondergrond niet zettingsgevoelig is.

Een voordeel van een betonverharding is dat deze erg star is en zeer vlak af te werken is. De betonweg kan hoge drukkrachten opnemen als gevolg van zware belastingen. In beton zitten veel gerecyclede producten, waardoor er minder nieuwe natuurproducten nodig zijn. Dit is goed voor het milieu. Ook kan de betonconstructie zelf gerecycled worden. Bij de aanleg van een betonweg hoeft dit materiaal niet verwarmd te worden. Dit is ook een voordeel daar dit zorgt voor minder CO₂ uitstoot (minder brandstofverbruik). Echter is de cementproductie weer minder duurzaam. Cementproductie vindt plaats onder hoge temperaturen, hierdoor is er veel CO₂ uitstoot in de fabriek.

Nadelen van een betonverharding zijn verder dat het aanleggen van een betonweg langer duurt dan het aanbrengen van bijvoorbeeld een asfaltverharding. Daarnaast moet een betonweg veel langer uitharden dan een asfalt weg. Een asfaltweg is na enkele uren al te berijden en een betonweg is vaak pas na 4 tot 7 dagen te berijden. Bij het gebruiken van betonnen platen of het gebruiken van dilatatievoegen in een betonweg zal de geluidsproductie toenemen van het verkeer wat hier overheen rijdt.

Het repareren van een betonweg neemt ook veel meer tijd in beslag. Verder is een nadeel van een betonverharding dat wanneer de onderlagen hiervan verzakken het beton kan breken. Dit omdat beton niet goed trekkrachten kan opnemen.

De reparatie van een betonweg is een stuk duurder dan de reparatie van een asfaltweg.

Asfalt

Asfalt bestaat uit bitumen, vulstof, zand en steenslag. Dit product wordt voornamelijk gebruikt in de infrastructuur als toepassing van de verharding van een weg. Bitumen is het product dat zorgt voor de binding van de mineraal aggregaten (zand, steen en vulstof). Door het toepassen van verschillende korrelgroottes stenen en verschillende soorten bitumen kunnen alle mogelijke mengseleigenschappen worden gegeven. Een vulstof kan worden toegevoegd aan het mengsel om de eigenschappen te verbeteren. Hierdoor kan bijvoorbeeld het asfalt meer soepel worden gemaakt waardoor het makkelijker te verwerken is. Voorbeelden van vulstoffen zijn bijvoorbeeld vliegashuis en kalksteenmeel. Bitumen wordt gewonnen uit aardolie en heeft goede hechteigenschappen. Bitumen is meestal zwart of bruin van kleur. Blank bindmiddel wordt vaak toegepast bij gekleurd asfalt. Dit blanke bindmiddel wordt ook wel blanke bitumen genoemd maar het is geen bitumen. Het is afkomstig van kunstharzen. Tijdens het produceren van asfalt, wat gebeurt in een asfaltcentrale, wordt de temperatuur opgehoogd van 150 tot 180 graden Celsius. Hierdoor zal de bitumen vloeibaar worden en nog beter hechten.



Afbeelding 4.8, Een asfaltcentrale

De bitumen moet worden opgeslagen in verwarmde tanks, vulstoffen in gesloten silo's en de zand en steenproducten moeten bewaard worden in opslagvakken.

Bitumen is in het standaard asfalt een product wat het duurste is van de mengselproducten. Bij gekleurd asfalt zijn de kleurstoffen het duurst. Vroeger werd er teer gebruikt in plaats van bitumen maar tegenwoordig mag dit niet meer worden gebruikt. Teer bevat namelijk PAK (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen) en dit is een schadelijke afvalstof. Steenslag en zand worden toegevoegd in het asfalt voor het dragende vermogen. Door het toepassen van verschillende korrelgroottes stenen en vullingen kunnen er volledig dichte mengsels gemaakt worden. Maar ook kunnen er meer open mengsels, of zelfs volledig open mengsels geproduceerd worden [8].

Een asfaltconstructie bestaat uit verschillende lagen die allemaal een functie hebben in de constructie.

De onderlaag in een asfaltconstructie moet vooral ten gevolge van de optredende verkeersbelastingen de spanningen kunnen opnemen en afvoeren naar de fundering. Ook moet de onderlaag ongelijkmatige zettingen kunnen volgen zonder dat dit gevolgen heeft voor de sterkte van de wegconstructie. Deze onderlaag is de eerste laag welke aangebracht wordt op de fundering en dient als een soort werkvloer voor de aan te brengen tussen en of deklagen.

Op een onderlaag wordt een tussenlaag aangebracht. Een tussenlaag is een laag asfalt welke wordt aangebracht tussen twee lagen van een andere samenstelling. Deze lagen komen voor tussen de onderlaag en deklaag. De tussenlaag wordt ook wel een 'binder' genoemd. Deze laag verbindt als het ware de dek en onderlaag met elkaar. De tussenlaag is de laatste afwerklaag voordat de definitieve deklaag wordt aangebracht. Het aanbrengen van een tussenlaag moet altijd met de hoogte mate van vlakheid worden aangebracht zodat eventuele correcties in de bovenlaag niet nodig en niet gewenst zijn. De tussenlaag dient als een soort verankering voor de deklaag en deze laag moet een overgang van spanningen vanaf deklaag naar onderlaag realiseren. Meestal wordt een tussenlaag per laag aangebracht in diktes van 40 tot 60 millimeter [19].



Afbeelding 4.9, Van onder tot deklaag.

Tegenwoordig worden er steeds meer mogelijkheden in asfalt behaald. Duurzaamheid in asfalt is iets wat erg leeft tegenwoordig. Verschillende aannemers zijn zelfs bezig om asfalt 100% recyclebaar te maken. Er zijn verschillende soorten duurzaam asfalt op de markt. Duurzaam in bijvoorbeeld energieverbruik bij productie, geluidsreductie en levensduur. In Nederland zijn verschillende grote aannemers bezig om innovatieve asfalmengsels te ontwerpen en toe te passen in de Nederlandse infrastructuur.

Een dicht mengsel word ook wel een DAB genoemd (Dicht Asfalt Beton). Dit asfalt is vloeistofdicht als de holle ruimten minder zijn dan 3%. Dit dichte asfalt zorgt ervoor dat er geen stoffen door het asfalt kunnen komen. Dit word vaak gebruikt bij fabrieksterreinen. Een zeer open mengsel is bijvoorbeeld Zeer Open Asfalt Beton (ZOAB).

ZOAB bestaat uit een grote steenslag en weinig zand. Hierdoor ontstaat er holle ruimten in het mengsel.



Afbeelding 4.10 Zijaanzicht ZOAB wegdek.

Door de holle ruimten kan regen in deze ruimtes verdwijnen en afstromen naar de berm. Hiermee word het ontstaan van plassen water of spatwater voorkomen. Ideaal dus voor op de snelweg. Tot 2005 waren er nog oude namen voor de mengsels. Sinds 2008 is er een wijziging gekomen waarin een aantal veranderingen zijn doorgevoerd in verband met Europese normen.

In onderstaand figuur ter verduidelijking een voorbeeld hiervan.

Een dicht asfaltbeton 0/16 uit de Standaard RAW Bepalingen 2005 wordt in de nieuwe situatie genoemd AC 16 surf 70/100.

Waarin:

AC	staat voor "asphalt concrete": asfaltbeton;
16	staat voor de maximale nominale korrelmaat van het toeslagmateriaal;
surf	staat voor "surface": deklaag;
70/100	staat voor de bitumen- eigenschappen in het mengsel.

Afbeelding 4.11, Voorbeeld nieuwe benaming asfalmengsel

Asfalt is in vele soorten te verkrijgen en toe te passen op alle soorten wegen. Het is relatief makkelijk te verwerken en is na een paar uur al berijdbaar.

De bitumen in asfalt is zeer belangrijk voor de eigenschappen van het asfalt. Bitumen is sterker te maken door deze te modificeren met polymeren. Dit proces staat al jaren in de belangstelling in de wegenbouw wegens de kwaliteitsverbeteringen van het asfalt. Deze bitumen wordt ook wel polymeer gemodificeerde bitumen genoemd. Dit is bitumen waaraan een polymeer wordt toegevoegd. In de wegenbouw worden over het algemeen 2 soorten polymeren toegevoegd aan bitumen, plastomeren en elastomeren. EVA (Ethyleen, Vinyl en Acetaat) en PE (Polyetheen) zijn voorbeelden van vaak gebruikte plastomeren. SBS (Styreen (vinylbenzeen), Butadiëen en Styreen) is het meest gebruikte elastomeer. In principe vergroten de plastomeren de viscositeit en stijfheid van de bitumen. Elastomeren verbeteren de elasticiteit van de bitumen. De toepassing van de stijvere bitumen in asfalt zorgt voor een verbeterd gedrag tegen spoorvorming in het asfalt. Door deze verbeteringen in het asfalt kan de asfaltconstructie de belastingen opvangen met een minder dikke constructie. Het asfalt is wel duurder door de gemodificeerde bitumen, echter kan er dus wel minder asfalt aangebracht worden wat ook nog is een langere levensduur met zich meebrengt.



Overlaging van het NCAT vak van Oklahoma.

Links de situatie van de oorspronkelijke overlaging na 4 miljoen ESALs en rechts de overlaging met hoog gemodificeerd asfalt na 5,3 miljoen ESALs.

Afbeelding 4.12, Testvakken polymeer gemodificeerde bitumen [8]

In Amerika zijn er verschillende proeven gedaan op een weg in Oklahoma waar elke dag zeer veel vrachtwagens overheen rijden met zeer zware belastingen. In bovenstaande afbeelding zijn de resultaten te zien van de test. Op de linker foto is een asfaltconstructie aangebracht zonder polymeer gemodificeerde bitumen. De schade is goed te zien na 4 miljoen ESALs (Equivalent Standard Axle Loads). Dit houdt in dat er 4 miljoen herhalingen geweest zijn op het wegdek met een belasting van 80 kN. De meest voorkomende ESAL in Amerika is 80 kN. Op de rechterfoto is het resultaat te zien van een asfaltconstructie op dezelfde weg met toepassing van polymeer gemodificeerde bitumen. Hier is na 5,3 miljoen ESALs totaal geen schade te zien. De onderzoeken naar deze bitumen bewijzen de voordelen van de polymeer gemodificeerde bitumen.

Hergebruikt asfalt noemt men ook wel partiële recycling (PR). Dit komt vrij bij gefreesde asfaltwegdekken. PR wordt voornamelijk toegepast in onder- en tussenlagen. Een voorbeeld van een onderlaag met PR heet ook wel: AC 16 bin/base 35/50 60% PR rebasestone. Hierin staat dus dat er 60% PR is toegevoegd aan het mengsel. Dit houdt in dat er in dit mengsel 60% gerecycled asfaltafval is toegepast. De kringloop van het recyclen van asfalt is in onderstaande afbeelding weergegeven.



Afbeelding 4.13, Kringloop asfaltrecycling.

De PR welke dus kan worden toegevoegd in asfalt heeft drie voordelen. Door gerecycled materiaal te gebruiken wordt het nieuwe asfalt duurzamer. Er zijn minder nieuwe grondstoffen benodigd om tot een nieuw asfaltproduct te komen. Door PR toe te voegen wordt het asfalt stijver. Dit komt door de gerecyclede bitumen welke verouderd is en dus stijver is. Dit verlengt de levensduur van het asfalt. Aan het gerecyclede PR zit ook nog een oude laag bitumen vast. Hierdoor is er tijdens het maken van het nieuwe asfalt minder nieuwe bitumen benodigd. Dit scheelt ook nog is in kosten waardoor het mengsel goedkoper in kostprijs is. Op de website van de European Asphalt Pavement Association is uit onderzoek opgemaakt dat in Nederland maar liefst in 73% van het asfalt PR is toegevoegd.

Een aantal asfalmengsels welke door BAM ontwikkeld zijn: LEAB, GROAB, Redufalt, Kjellbase en Flexcon[®]. Asfalmengsels welke door andere aannemers in Nederland zijn ontwikkeld zijn bijvoorbeeld: Rollpave, Lypave en Greenway LE. Deze genoemde asfalmengsels zijn verder omschreven in bijlage 2. Ik beschrijf er een aantal zonder volledig te zijn, want er zijn er teveel om allemaal te beschrijven. Ik heb deze mengsels gekozen om ze verder te omschrijven omdat dit innovatieve mengsels zijn en ontwikkeld zijn door verschillende aannemers. Deze mengsels hebben een onderscheidend vermogen en zijn daarom erg belangrijk. Hiermee kan bijvoorbeeld gescoord worden op een EMVI aanbesteding. De informatie komt uit de door BAM uitgegeven mengsel flyers en websites van de andere betreffende aannemers.

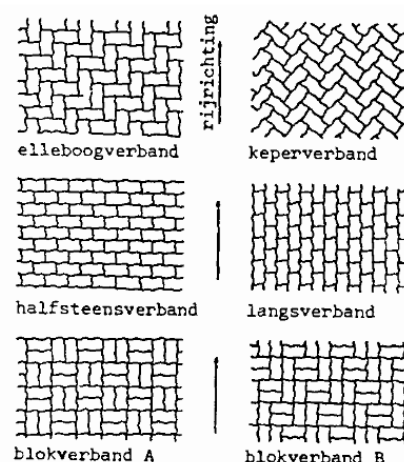
Deze verschillende types asfalt zijn onderverdeeld in de groepen geluidsreductie, sterkte/stijfheid, duurzaamheid en bijzondere types.

Elementen

Een deklaag kan ook bestaan uit een elementenverharding. Dit kunnen diverse steensoorten zijn zoals betonstenen of gebakken stenen. In tegenstelling tot de gesloten verhardingen bestaat dit type wegdek uit losse elementen welke met elkaar verbonden zijn. Dit type weg werd in de oudheid al veel gebruikt met toepassing van de zogenoemde kinderkopjes of klinkers. Omdat deze verharding uit verschillende elementen bestaat is deze bij schade makkelijk te herstellen. Ook is de verharding water en gas doorlatend. Door de los opneembare elementen is de ondergrond altijd makkelijk bereikbaar. In Nederland werden vroeger vooral gebakken straatklinkers gebruikt. Na de tweede wereldoorlog werden dit steeds meer betonproducten zoals betonklinkers en betontegels. De elementenverhardingen worden vooral toegepast binnen de bebouwde kom.

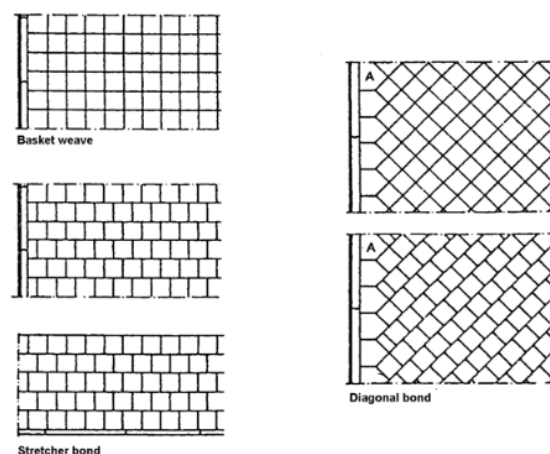
De elementen zijn op diverse manieren aan te brengen zoals in de hiernaast weergegeven afbeelding. De verbanden hebben invloed op de sterkte van de klinker en ook de kracht welke uitgeoefend wordt door rijdend verkeer. De elleboog- en keperverbanden zijn hierin de sterkste verbanden welke goed tegen wringend verkeer kunnen. Vaak wordt er op wegen binnen de bebouwde keperverband toegepast.

Parkeerplaatsen en opstellingsplaatsen worden vaak in elleboogverband aangebracht.



Afbeelding 4.14, Steenverbanden

Betontegels hebben weer andere soorten verbanden. Deze kunnen worden aangebracht in halfsteensverband, diagonaalverband of blokverband. Het zogenoemde halfsteenverband wordt vaak toegepast bij fietspaden en trottoirs. De lintvoegen hierin hebben steeds een afstand van een halve tegel. Lintvoegen zijn de voegen in de lengte richting. Hierdoor hebben de tegels een goed verband. Het blokverband is minder sterk door de minder goede verbinding tussen de tegels. Dit verband komt dan vooral alleen terug in looppaden en sierbestratingen in tuinen. Hier treedt weinig belasting op en is dus hier prima toe te passen. [20]



Afbeelding 4.15, Betonsteenverbanden

Betonstraatstenen worden veel toegepast op terreinen waar zware belastingen optreden zoals industrieterreinen. Betonstraatstenen worden gemaakt van beton en in vorm gestort. Gebakken klinkers worden gemaakt uit rivierklei wat afgebakken wordt in een oven. De betonklinkers zijn vele malen sterker dan gebakken straatklinkers.

Samenvattend de belangrijkste voor- en nadelen:

Voordelen

- De elementenverharding kan ongelijkmatige zettingen opnemen zonder dat de constructie scheurt of bezwijkt;
- De ondergrond is makkelijk te bereiken voor ondergrondse werkzaamheden;
- Reparaties en onderhoud zeer makkelijk uit te voeren i.v.m. losse elementen;
- De verharding is direct berijdbaar na aanbrengen;
- Toe te passen op zeer kleine oppervlakten.

Nadelen

- Minder comfortabel te berijden door verkeer;
- Risico tot kruipen van de elementen;
- Waterdoorlatend tot aan de fundering.

De elementenverharding kan worden aangebracht op een zand of specie bed. Specie word vooral toegepast waar er meer belastingen optreden zoals rijbanen en parkeervakken. Zand zie je vooral terug in loop- en fietspaden. De verschillende elementen zijn in allerlei soorten en maten te verkrijgen. Deze maten zijn afhankelijk van de belastingen die optreden. De diktes van 5 tot 6 centimeter worden gebruikt in voet en fietspaden, en de diktes variërend van 9 tot 15 centimeter worden gebruikt in industrie en zwaarverkeer.

4.3 Materialen toepasbaar op Maasvlakte Plaza

Nu de verschillende soorten materialen in voorgaande hoofdstukken inzichtelijk zijn gemaakt kunnen de materialen bepaald worden welke gebruikt worden voor het dimensioneren van de wegconstructievarianten. Middels een multicriteria analyse worden de verschillende materialen voor de fundering en verharding geanalyseerd. Als eerst volgt de keuze in funderingsmateriaal, dan keuze materiaal voor het wegooppervlak (beton, asfalt of elementen). Deze keuzes resulteren in de uiteindelijke varianten.

4.3.1 Criteria voor funderingskeuze

In het programma van eisen is het toepassen van gebonden funderingen uitgesloten. Dit type fundering zal wel worden meegenomen in de analyse in dit onderzoek. Dit omdat het in dit afstudeeronderzoek toch interessant is om te kijken of een gebonden fundering misschien toch wel voordeliger uitkomt als een ander type fundering. Om de verschillende funderingstypes te analyseren zijn er verschillende criteria opgesteld welke in een multicriteria analyse zijn verwerkt. Onderstaand zijn de opgestelde criteria weergegeven.

- **Beschikbaarheid**
Het belangrijk dat er zoveel mogelijk materialen direct uit de omgeving gehaald worden. Door materialen in de omgeving te halen verklein je de transportafstanden en dus hiermee ook de kosten. Met het verkleinen van transportafstanden verklein je ook de CO2 uitstoot. Om dit te kunnen meten zijn hier twee criteria voor opgesteld, het criterium 'beschikbaarheid' en 'bereikbaarheid'.
- **Duurzaamheid**
Hier zit ook een stuk duurzaamheid in met betrekking tot de afstand en de daaruit volgende transporten. Hoe dichterbij de bron van herkomst, hoe minder CO2 uitstoot er plaats vindt. Duurzaamheid in het materiaal is ook een belangrijk aspect omdat materiaal schoon moet zijn en met gerecyclede materialen zijn de kosten lager. Hieruit volgt het criterium 'duurzaamheid'. Het criterium bereikbaarheid wordt als subcriterium toegevoegd onder het criterium duurzaamheid.
- **Kwaliteit**
Ook moet de kwaliteit van het materiaal bekeken worden. Het materiaal voor een fundering moet draagkrachtig genoeg zijn en gunstig in scheurvorming/flexibiliteit. Op de truck-parking zullen zware belastingen optreden welke zo goed mogelijk moeten worden opgevangen door de wegconstructie.
- **Uitvoeringsduur**
Het is belangrijk dat de fundering zo goed en efficiënt mogelijk kan worden aangebracht omdat dit relatie heeft tot de kosten. Er moet dus nog een criterium benoemd worden die dit kan meten. Efficiënt aanbrengen verkort de uitvoeringsduur en verlaagd dus de kosten. Als laatste criterium wordt 'uitvoeringsduur' toegevoegd.

Hierin wordt er gekeken naar de productiehoeveelheden bij aanbrengen en de best mogelijke te profileren en te verdichten fundering. Als er extra handelingen benodigd zijn

voor het aanbrengen, bijvoorbeeld mixen van producten, zal deze handeling gewaardeerd worden.

- **Kosten (€)**

Ook wordt er gekeken naar de kosten per materiaal. Criterium Kosten (€) wordt hierin toegevoegd. Dit is een belangrijk criterium omdat dit van grote invloed is op de kosteneffectiviteit. De kostprijs is de basis van de kosteneffectiviteit.

Om in de variantenstudie de verschillen inzichtelijk te maken wordt er één funderingstype gekozen uit de ongebonden/lichtgebonden funderingen en een type uit de gebonden funderingen.

4.3.2 Multicriteria analyse funderingen

In deze multicriteria analyse wordt er gekeken welk types funderingen het beste kunnen worden toegepast op de truck-parking. Vanuit de types funderingen zoals omschreven in hoofdstuk 3.2.2. worden er een aantal types geselecteerd die in de multicriteria analyse worden geanalyseerd. De volgende types funderingen worden in de analyse toegevoegd:

- Menggranulaat
- Hydraulisch menggranulaat
- Betongranulaat
- Zand
- Hoogovenslakken
- Cement Gebonden asfaltgranulaat
- Bitumineus Gebonden asfaltgranulaat
- Zandcement

Er is een keuze gemaakt in ongebonden en lichtgebonden funderingen, gebonden funderingen en een slaktype (hoogovenslakken). Er zijn nog veel meer materialen op de wereld aanwezig waarmee funderingen gemaakt kunnen worden, maar er is gekeken welke er binnen BAM Infra Wegen het meest zijn voorkomen de afgelopen 10 jaar. De hoogovenslakken zijn ook toegevoegd in de analyse omdat er toch meerdere slakkensoorten aanwezig zijn in Nederland en om te kijken wat deze soort fundering in de analyse voor gevolgen heeft.

Per criterium is er een norm opgesteld welke het mogelijk maakt een materiaal meetbaar te maken. Er zijn verschillende wegingsfactoren toegekend aan elk criterium omdat het ene criterium belangrijker is in de analyse als de ander. 0 is de minimale factor en 5 is de maximale factor. Bij het criterium beschikbaarheid is een wegingsfactor van 3 toegekend. Het is belangrijk dat een toe te passen materiaal goed beschikbaar is in Nederland en dus ook makkelijk te verkrijgen is. Het criterium kwaliteit heeft de hoogste wegingsfactor gekregen omdat de draagkracht en het scheurgedrag van het materiaal zeer belangrijk is in dit onderzoek. Kwaliteit heeft direct betrekking tot de levensduur en duurzaamheid van de fundering. De prijs van het materiaal speelt een belangrijke rol in de kostenefficiëntie. Dit criterium heeft een wegingsfactor van 4 gekregen.

De duurzaamheid in dit onderzoek zie ik als een minder belangrijk aspect dan kwaliteit en prijs, en heeft daarom een factor 2 gekregen. De uitvoeringsduur voor het aanbrengen van de materialen heeft wegingsfactor 1 gekregen omdat dit het minst belangrijk is voor de materiaalkeuze.

Type fundering			Menggranulaat		Hydraulisch menggranulaat		Betongranulaat		Zand (vrijgekomen)		Hoogovenslakken		Cement gebonden asfaltgranulaat		Bitumineus gebonden asfaltgranulaat		Zandcement	
Criteria	Wegings factor	normen	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering
Beschikbaarheid	3	altijd beschikbaar	5,0	15,0	5,0	15,0	3,0	9,0	5,0	15,0	3,0	9,0	3,0	9,0	3,0	9,0	3,0	9,0
Duurzaamheid	2	directe herbruikbaarheid	3,0	6,0	1,0	2,0	3,0	6,0	5,0	10,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0
	2	restwaarde	4,3	8,5	4,3	8,5	4,2	8,3	4,0	8,0	0,8	1,7	1,5	3,0	4,0	8,0	3,6	7,2
	2	150km afstand	4,0	8,0	4,0	8,0	4,0	8,0	4,8	9,6	0,7	1,4	4,0	8,0	4,0	8,0	4,0	8,0
Kwaliteit	5	draagkrachtig (4000 Mpa)	3,0	15,0	4,0	20,0	4,0	20,0	1,0	5,0	4,0	20,0	5,0	25,0	5,0	25,0	5,0	25,0
	5	scheurgedrag/flexibiliteit	3,0	15,0	3,0	15,0	3,0	15,0	3,0	15,0	1,0	5,0	1,0	5,0	5,0	25,0	1,0	5,0
Uitvoeringsduur	1	100m2/uur aanbrengen	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,8	4,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,3	4,3	4,3	4,3
	1	extra handelingen	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	1	220m2/uur verdichten	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	3,6	3,6	4,8	4,8	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
€	4	Prijs	4,8	19,0	4,7	18,9	4,7	18,8	4,6	18,3	4,4	17,7	0,4	1,7	1,9	7,5	1,3	5,0
Totaalwaardering				99,52		100,44		98,20		93,31		69,51		64,00		95,09		71,73

Tabel 4.3, MCA Funderingen

In de analyse zien we dat de beste fundering het hydraulische menggranulaat is in de groep ongebonden/lichtgebonden verhardingen. Van de gebonden funderingen scoort bitumineus gebonden asfaltgranulaat het beste. Het hydraulisch menggranulaat scoort goed op beschikbaarheid, draagkracht, scheurgedrag en prijs. Deze funderingssoort is altijd goed te krijgen, en ook in de buurt van de locatie. De draagkracht is goed en het is voor een goede prijs te krijgen.

Van de gebonden funderingen is de bitumineus gebonden asfaltgranulaat het beste toepasbaar. Deze fundering scoort goed op draagkracht, scheurgedrag, beschikbaarheid en duurzaamheid. Door de bitumen in het granulaat kan deze gebonden fundering goed scheurvorming opnemen. Het heeft een hoge draagkracht en is altijd beschikbaar. Het granulaat bestaat uit gerecycled materiaal en scoort hierdoor goed op duurzaamheid. De onderbouwing van de toegekende beoordelingen is terug te vinden in de bijlage.

Het hydraulisch menggranulaat en de bitumineus gebonden asfaltgranulaat worden als fundering in de variantenstudie toegepast. Om een beeld te krijgen wat het gevolg is van de andere types funderingen bij het dimensioneren worden de overige funderingen ook bekeken. Uiteindelijk worden er drie varianten gecalculeerd in hoofdstuk 5.

4.3.3 Criteria voor verhardingskeuze *asfalt, beton of elementenverharding*

In deze multicriteria analyse wordt er gekeken welke verharding het beste toe te passen is. Vanuit de verschillende verhardingen welke omschreven zijn in hoofdstuk 3.2.4. wordt de beste toepasbaar geselecteerd. De verhardingen worden geanalyseerd op een aantal criteria:

- **Onderhoudsgemak**

Het onderhoudsgemak houdt in dat er bepaald wordt hoe gemakkelijk de constructie te onderhouden is. Bij een asfaltconstructie kan bijvoorbeeld alleen een deklaag vervangen worden waarbij de overige constructie blijft zitten. Bij een betonverharding ligt dit anders, hier moet vaak de gehele betonconstructie vervangen worden. Criterium onderhoudsgemak heeft een wegingsfactor 3 gekregen omdat dit mede bepalend is voor het onderhoud en de daaruit volgende kosten.

- **Herbruikbaarheid**

Het criterium herbruikbaarheid analyseert bij het vrijkomen van het materiaal bij sloopwerk de directe herbruikbaarheid. Asfalt kan na frezen na een kleine extra handeling hergebruikt worden. Een gesloopte zandcement fundering moet eerst gebroken worden.

Elementenverhardingen worden gebroken en daarna pas hergebruikt als beton of metselpuin. Herbruikbaarheid heeft een 2 toegekend gekregen, hierin zit een stuk duurzaamheid wat volgt bij onderhoud.

- **Levensduur**

Het criterium levensduur bepaald de levensduur in jaren, hoe langer de levensduur hoe hoger de score is. Levensduur heeft een wegingsfactor 5 gekregen omdat dit het belangrijkste criterium is. Hoe langer de constructie mee kan, hoe minder onderhoud er hoeft te worden gepleegd.

- **Vormvastheid**

De vormvastheid van het materiaal is belangrijk voor de sterkte van de weg.

- **Spoorvorming**

De gevoeligheid voor spoorvorming is belangrijk. Hoe beter bestand tegen spoorvorming, hoe hoger de score. In deze analyse hebben de criteria vormvastheid en spoorvorming een wegingsfactor 4 toegekend gekregen. Deze criteria vallen onder de materiaaleigenschappen en zijn belangrijk voor de kwaliteit van de constructie.

- **Kosten(€)**

De kostprijs van het materiaal is erg belangrijk in dit onderzoek. Dit omdat de kostprijs een zeer grote schakel is in de kostenefficiëntie. De prijs van het materiaal is vaak zeer bepalend voor het aannemen van een project. Hierdoor heeft de prijs een wegingsfactor 4 gekregen.

- **Snel berijdbaar na aanbrengen**

Asfalt is na het afkoelproces direct te berijden. Beton is daarentegen pas na twee weken goed te berijden. Hoe sneller de verharding te berijden is, hoe hoger de score. Op een truck-parking zal het verkeer pas komen bij het opengaan van de parking. Maar als de verharding pas wordt aangebracht kort voor het opengaan van de parking kan dit toch belangrijk zijn voor het halen van de opleverdatum. Dit criterium heeft een wegingsscore van 1 toegekend gekregen.

- **Comfort**

Het comfortabel berijden van de verharding is belangrijk voor het transport en de veiligheid. Het criterium comfort heeft een wegingsfactor 3 gekregen.

4.3.4 Multicriteria analyse asfalt, beton of elementenverharding

Na het toekennen van de beoordelingen is asfalt als beste toepasbaar uit de MCA gekomen. Asfalt scoort goed op de verschillende criteria. Asfalt scoort goed op het onderhoudsgemak. Bij onderhoud is er na gemiddeld 12 jaar onderhoud nodig aan de deklaag. Hierbij kan alleen de deklaag gefreesd worden en vervolgens wordt de constructie overlaagd met een nieuwe deklaag. De frees wat vrijkomt kan naar de verwerker toe en kan na een kleine handeling direct hergebruikt worden. Hierdoor scoort het asfalt ook goed op het criterium herbruikbaarheid. De levensduur van asfalt is voor een deklaag gemiddeld 12 jaar en groot onderhoud is benodigd na 24 jaar. Hierdoor scoort asfalt gemiddeld op de levensduur. Op de vormvastheid en spoorvorming scoort asfalt ook gemiddeld. Beton is hierin beter bestand tegen spoorvorming en is meer vormvast. Echter scoort asfalt wel gemiddeld hierin. Verder is asfalt comfortabel te berijden en ook goedkoper dan beton. Asfalt is na de afkoelperiode direct te berijden door verkeer. Asfalt scoort hierop ook het beste van de drie verhardingen. De onderbouwing van de toegekende beoordelingen is terug te vinden in de bijlage.

Type verharding			Asfalt		Beton		Elementen	
			beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering
Criteria	Wegings factor	normen						
Onderhoudsgemak	3	bij onderhoud alleen overlagen	3	9	1	3	5	15
Herbruikbaarheid	2	direct na kleine handeling	3	6	1	2	5	10
Levensduur	5	40 jaar	3	15	5	25	3	15
Vormvastheid	4	zeer vormvast	3	12	5	20	1	4
Spoorvorming	4	zeer goed bestand	3	12	5	20	1	4
€	4	goedkoop	3	12	1	4	5	20
Snel berijdbaar	1	binnen 2 uur	5	5	1	1	3	3
Comfort	3	zeer comfortabel	5	15	3	9	1	3
Totaalwaardering				86,00		84,00		74,00

Tabel 4.4, MCA Verhardingen

4.4 Rekenprogramma's

Om een asfaltwegconstructie te berekenen zijn er een aantal rekenprogramma's opgesteld waarin wegconstructies kunnen worden gedimensioneerd.

Een aantal programma's hiervan zijn Ascon, Care, OIA en Veroad-XL.

Dit zijn de meest gebruikte en meest voorgeschreven programma's in Nederland. Deze zullen onderstaand verder worden toegelicht.

4.4.1 Ascon

Ascon (Asfaltbeton Constructie Ontwerp) is het meest eenvoudige rekenprogramma voor het berekenen van asfaltconstructies. Ascon biedt ondersteuning bij het dimensioneren en detailleren van asfaltbetonconstructies op diverse funderingen. Het programma beperkt zich tot het schadebeeld, het voorkomen van structurele scheurvorming. Om spoorvormingen in het asfalt te voorkomen moet de gebruiker door middel van zijn kennis de juiste asfaltmengsels selecteren. Ook het kiezen van het juiste type deklaag wordt aan de gebruiker overgelaten in dit programma. Deze is van invloed op het schadebeeld rafeling. Ascon is gebaseerd op de asfaltmengseleigenschappen voor de CE markering invoering. Omdat de gebruiker geen materiaaleigenschappen kan wijzigen of toevoegen, is Ascon hedendaags een achterhaald programma.

In Ascon wordt uitsluitend ontworpen op basis van het asfalttrekcriterium. Daarbij wordt de asfaltlaag zodanig gedimensioneerd dat aan het eind van de ontwerpfase de structurele schade niet groter is dan de toelaatbare waarde. De stijfheidsmodules van asfalt wordt medebepaald door de tijdsduur van de belasting. Deze tijdsduur wordt in Ascon berekend door de opgegeven snelheid van het vrachtverkeer. De ontwerpbelasting is vastgesteld op een kracht van 50 kN, overgebracht door een dubbel wielstel (overeenkomend met een aslast van 100 kN). Voor de rijstrookbreedte kunnen er drie breedtes gekozen worden. [19,25]

4.4.2 Care

Care (Computer Applications for Road Engineering) is de opvolger van Ascon. Dit programma is in 1992 ontwikkeld en is een stuk uitgebreider dan het programma Ascon. In Care kan de gebruiker kiezen voor diverse asfaltbetontypes en kunnen er meerdere funderingsdiktes aangegeven worden. Care heeft in verhouding tot Ascon een aantal voordelen:

- Mogelijkheid tot het invoeren van meerdere funderingslagen;
- Mogelijkheid tot invoeren van stijfheden bij ongebonden funderingen;
- Mogelijkheid om VGD (valgewichtdeflectie) metingen uit te werken
- Mogelijkheid om te herontwerpen a.d.h.v. VGD metingen;
- Mogelijkheid tot zelf vermoeiings- en stijfheidsrelaties in te voeren van asfaltmengsels.

De dimensionering in de programma's Ascon en Care zijn gebaseerd op berekeningen met een ingebouwd linear elastisch meerlagenmodel. Dit model is gebaseerd op de Wet van Hooke. Is de belasting twee maal zo groot, dan is de vervorming ook twee maal zo groot. Het linear verband tussen de spanning en rek van een materiaal wordt de Wet van Hooke genoemd. Robert Hooke ontdekte in 1676 bij het werken met veren dat een toename in spanning een evenredige toename in rek betekende. De wet van Hooke is als volgt wiskundig weergegeven:

$$\sigma = E \cdot \epsilon \text{ met } \epsilon = \Delta l / l_0$$

Hierin is:

σ = trekspanning

ϵ = rek

Δl = opgelegde verlenging

l_0 = oorspronkelijke lengte

E staat voor Elasticiteitsmodulus en wordt ook wel de evenredigheidsconstante genoemd. De elasticiteitsmodulus is een belangrijke eigenschap die veel gebruikt wordt om de relatie tussen spanning en rek te beschrijven. De benodigde kracht wordt aangegeven in Newton = N/mm², die ook wel in Mpa of Gpa wordt weergegeven. [19,26]

4.4.3 OIA

Het Ontwerpinstrumentarium Asfaltverhardingen (OIA) is het nieuwste Nederlandse standaardprogramma voor het dimensioneren van asfaltconstructies. OIA is de opvolger van de programma's Ascon en Care. Er zijn veel ontwikkelingen geweest in de asfalttechniek waardoor er behoefte kwam aan een programma welke voldeed aan de eisen van tegenwoordig. Met OIA kunnen maximaal 10 verhardingenlagen worden gedimensioneerd, waaronder 6 asfaltlagen. De gebruiker kan de verharding dimensioneren aan de hand van 6 ontwerpcriteria. OIA toetst het ontwerp aan de eigenschappen uit de Standaard RAW Bepalingen 2010 en de kennisregels van Rijkswaterstaat voor het ontwerp van asfaltverhardingen. OIA voldoet aan de meest recente asfalttechnieken en is hedendaags het meest gebruikte programma. OIA beschrijft zo goed mogelijk de vervormingen van wegconstructies.

Om een berekening te kunnen maken moet de constructie schematisch worden ingevoerd. In OIA zijn diverse database tabellen opgenomen waarin alle materiaaleigenschappen staan. De gebruiker kan ook eigen materialen toevoegen. De belasting wordt bepaald aan de hand van de betreffende aslast. Bij het dimensioneren gaat het programma ervan uit dat bij iedere passage van een last dit schade toebrengt aan de constructie. De belangrijkste factoren voor het vaststellen van de verkeersbelasting zijn het aantal passerende assen, het aslastspectrum en het bandspectrum. In tegenstelling tot Care en Ascon, waarin wordt gerekend met 100 kN, maakt OIA wel onderscheid in de diverse aslastspectra en de daaruit volgende verkeersbelastingen [19,10].

4.4.4 Veroad-XL

Veroad-XL is een programma waarin de in de CE markeringen bepaalde materiaaleigenschappen centraal staan. Dit voor zowel nieuwbouw als renovatie van wegen. Het programma is zeer geschikt om constructieve alternatieven met elkaar te vergelijken. Met dit programma kan de gebruiker op eenvoudige manier de gevoeligheid van ontwerpparameters nagaan. Bijvoorbeeld bij het analyseren van het aslastspectrum, kan er direct bepaald worden welke klasse in dit spectrum maatgevend is. Hierdoor weet de gebruiker direct bij welke aspecten er aandacht besteed moet worden bij het vergaren van de benodigde invoergegevens voor de ontwerpberekening. Veroad –XL kan ook van asfalt het vervormingsgedrag karakteriseren. Een aantal aanvullende mogelijkheden zijn:

- Op elk punt en diepte in de constructie de vervorming berekenen;
- Rijsnelheid vertalen naar een equivalente frequentie t.b.v. bepaling stijfheid asfaltmengsel.

OIA en Veroad-XL rekenen op basis van een visco plastisch model, dit in tegenstelling tot de programma's Ascon en Care welke rekenen met een lineair elastisch model. Het verschil hierin is dat bij visco plastisch rekenen de vervorming welke optreedt na een belasting niet ongedaan gemaakt wordt. Plastische vervorming gaat wel samen met elastische vervorming. Echter na het verdwijnen van de kracht blijft slechts een gedeelte van de vervorming intact. Het voordeel van de visco-elastische/visco-plastische materiaal modellen van OIA en Veroad-XL is dat hiermee beter het gedrag van een wegverharding onder verkeer kan worden gesimuleerd. De uitkomsten van de berekeningen zijn daardoor meer in overeenstemming met wat er buiten op de weg met het asfalt gebeurt en geven dus een betere voorspelling van het werkelijke gedrag van de wegconstructie.

4.4.5 Programmakeuze variantenstudie

Naast de omschreven rekenprogramma's zijn er nog vele andere softwareprogramma's welke ondersteuning bieden bij het dimensioneren van wegconstructies. In dit onderzoek is de keuze gemaakt om OIA te gebruiken voor het berekenen van de varianten. OIA is een programma welke momenteel het best in deze tijd pas. In OIA zijn er veel mogelijkheden en is de detaillering van de berekeningen een stuk uitgebreider dan die van Ascon of Care. In de database van OIA staan de nieuwste asfalttypes verwerkt. Daarnaast is het mogelijk om ook materialen toe te voegen die niet in de database staan. Dit is niet mogelijk in de andere programma's. OIA is opgesteld door een werkgroep van veel belanghebbende in Nederland. Denk hierbij aan overheidsinstellingen en aannemers. Vaak wordt door opdrachtgevers ook OIA geëist bij het berekenen omdat OIA de nieuwste en beste rekenmethode bevat (visco elastisch rekenmodel). Veroad-XL rekent ook met dit model, maar dit programma is niet opgesteld door een werkgroep van diverse partijen, maar door een ingenieursbureau en het programma is eigendom van een commerciële organisatie. Ascon en Care rekenen met een verouderd model en hierin zijn de mogelijkheden beperkt. Door de uitgebreide mogelijkheden en de grote database van materialen is de beste keus voor het berekenen van de varianten in dit onderzoek OIA. In hoofdstuk 4.5 worden de diverse op te stellen varianten berekent met OIA. Vanuit het Havenbedrijf Rotterdam is zoals omschreven in hoofdstuk 2.3 onder eis E0712 tevens geëist dat de constructie berekend moet worden met OIA.

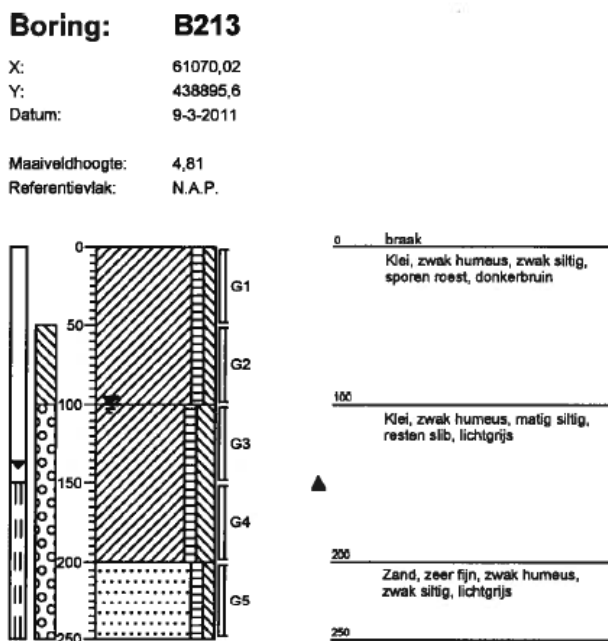
4.5 Variantenstudie (totale) verhardingsconstructie

In dit hoofdstuk worden er diverse varianten van wegconstructies opgesteld. De diverse funderingen zoals bepaald in hoofdstuk 4.3.2. worden gebruikt in de verschillende varianten. Naast de 2 welke uit de multicriteria analyse als beste zijn gekomen, zal ik ook een aantal andere funderingen toepassen in de variantenstudie om te kijken wat dit voor gevolgen heeft voor de asfaltconstructie. Voor de asfaltmengsels worden er een aantal uitgekozen welke goed van toepassing zijn op een truck-parking. Na het dimensioneren van diverse varianten zullen deze varianten geanalyseerd worden. Nu kan er bekeken worden wat er gebeurt bij het toepassen van een bepaald type fundering in de asfaltdikte. Hoe minder asfalt, hoe goedkoper de constructie wordt. Echter is het belangrijk dat de constructie wel sterk genoeg is om te voldoen aan de eisen. Na het analyseren van de diverse varianten zullen er 3 geselecteerd worden welke verder gebruikt zullen worden in dit onderzoek. Deze 3 varianten komen terug in hoofdstuk 5 en 6.

4.5.1 Ondergrond Maasvlakte Plaza

Een uitgangspunt in dit onderzoek is dat de uiteindelijke wegconstructie wordt aangebracht op een stabiele draagkrachtige ondergrond. Echter heb ik wel gekeken naar de huidige ondergrond en de eventuele nieuwe constructie welke hier op komt.

Om te kunnen bepalen waar de ondergrond op Maasvlakte Plaza uit bestaat is het bodemonderzoek welke gemaakt is door MHV B.V. geanalyseerd. Als de boringen bekeken worden welke ter plaatste van de toekomstige truckparking genomen zijn, zien we dat de ondergrond vooral uit een kleilaag bestaat. Pas op een diepte van 2 meter loopt dit over in zand. Onderstaand is ter illustratie boring B213 weergegeven. Hierop is duidelijk de opbouw van de ondergrond te zien. In de bijlagen is de kaart met locatie en de bijhorende boringen weergegeven.



Afbeelding 4.16, Boring B213 uit het bodemonderzoek Maasvlakte Plaza

Vanwege de slappe bodemlaag dient er grondverbetering toegepast te worden. Dit houdt in dat de bestaande slappe lagen verwijderd worden, en worden vervangen door zand.

Op de sondering met nummer DKM002 welke ter plaatse genomen is op de locatie van de huidige truckparking is te zien dat de bodem verder in diepte vooral bestaat uit een draagkrachtige zandlaag (de sondering is bijgevoegd in de bijlagen). Er bevinden zich een aantal kleiige zandlagen tussen de zandpakketten maar deze zijn verder niet erg zettingsgevoelig. In de huidige situatie ligt er gemiddeld 2 meter klei bovenin. Dit weegt per vierkante meter:

$$1,0(m^2) \times 1,7(\text{soortelijk gewicht klei}) \times 2,0(\text{dikte kleilaag in meter}) = 3,4 \text{ ton per vierkante meter.}$$

De wegconstructie welke later wordt aangebracht op het zandpakket zal waarschijnlijk ongeveer gaan bestaan uit:

$$1,0(m^2) \times 1,8(\text{soortelijk gewicht hydraulisch menggranulaat}) \times 0,3(\text{dikte fundering in meter}) = 0,54 \text{ ton per vierkante meter fundering.}$$

Op de fundering komt een verharding van:

$$1,0(m^2) \times 2,5(\text{soortelijk gewicht asfalt}) \times 0,19(\text{dikte asfaltpakket in meter}) = 0,457 \text{ ton per vierkante meter.}$$

Het hoogteverschil wordt opgevangen door een zandaanvulling onder de fundering:

$$1,0(m^2) \times 1,7(\text{soortelijk gewicht zand}) \times 1,51(\text{aan te brengen dikte zand}) = 2,56 \text{ ton per vierkante meter.}$$

Samen weegt dit 3,56 ton per vierkante meter gewicht. De bovengenoemde gewicht inschatting is gebaseerd op een gemiddelde dikte van een wegconstructie bestaande uit asfalt en een fundering van menggranulaat. Het gewicht op de ondergrond zal minder zijn dan het aanwezige kleipakket. Verwachting is dat er geen tot zeer minimale zettingen optreden welke verwaarloosbaar zijn. De ondergrond komt in dit onderzoek verder niet aan bod. Uitgangspunt is dat de wegconstructie welke gedimensioneerd wordt aangebracht zal worden op de stabiele draagkrachtige ondergrond.

4.5.2 Gekozen asfaltmengsels voor het dimensioneren

Om de diverse varianten te dimensioneren moet er een keuze gemaakt worden voor de toe te passen asfaltmengsels. Het is belangrijk dat het asfalt goed van kwaliteit is en bestand is tegen de belastingen van vrachtverkeer. De verkeersbelasting van het vrachtverkeer op de Maasvlakte Plaza is zeer zwaar. Hierdoor komt mijn keuze uit op een aantal asfaltmengsels. Als eerst kies ik asfalt met polymeer gemodificeerde bitumen. Zoals omschreven in hoofdstuk 4.2.4. is dit zeer goed bestand tegen wringend verkeer en zware belastingen. De toepassing hiervan op een truck-parking is dan ook zeer goed te noemen. Daarnaast heeft BAM ook een aantal eigen innovatieve asfaltmengsels op de markt. Kjellbase is hiervan een mengsel wat ik ook ga toepassen in de variantenstudie. Dit mengsel is speciaal ontwikkeld voor zwaarbelaste wegen. Om ook een stuk duurzaamheid te bekijken kies ik het LEAB uit. Dit is een asfaltmengsel wat goed scoort op duurzaamheid. Naast deze speciale mengsels zal ik ook conventioneel asfalt toepassen in het dimensioneren om de verschillen bij het dimensioneren tussen deze types asfalt inzichtelijk te maken.

Voor de deklaag heb ik een SMA (steenmastiekasfalt) mengsel gekozen. SMA is een stabiel mengsel en goed bestand tegen wringend verkeer.

4.5.3 Dimensioneren asfaltconstructies

Bij het dimensioneren van asfaltconstructies kan er op kosten worden bespaard door een toepassing van een bepaalde fundering of bepaalde asfaltmengsels. Dimensioneren is het ontwerpen van complete wegconstructies.

In een programma van eisen worden door de opdrachtgever bepaalde eisen gesteld voor de aan te houden parameters voor het dimensioneren van een wegconstructie. Deze parameters betreffen informatie over de belastingen, voertuigen en het aantal herhalingen van de belastingen gedurende een tijdsperiode. Naast de verkeersgegevens zijn er ook materiaaleigenschappen benodigd. Elk materiaal heeft verschillende materiaaleigenschappen. Voor het berekenen van een wegconstructie zijn de volgende parameters van belang:

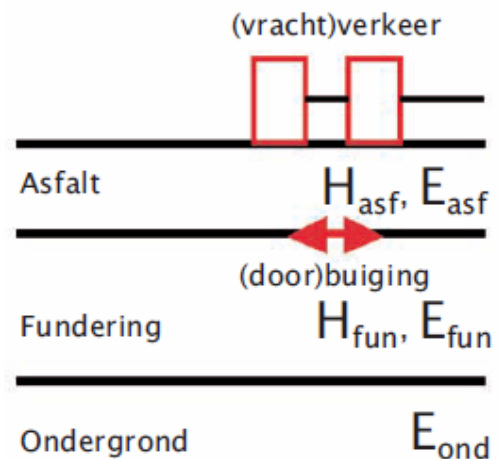
- Ontwerplevensduur
- Verkeersbelasting
- Stijfheid
- Dikte van de fundering
- Ondergrond.
- Toelaatbare schade

Wat de basis is voor een berekening zijn dus de ontwerpparameters, de materiaaleigenschappen en de belastingen.

Structurele scheurvorming [22]

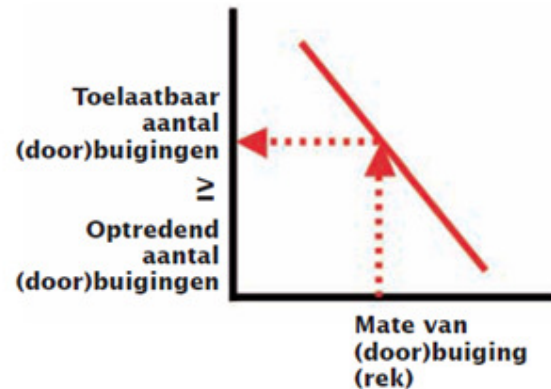
Bij een te lichte verhardingsconstructie kan er scheurvorming ontstaan in het asfalt. Dit wordt ook wel structurele scheurvorming genoemd. Onder het gewicht van het vrachtverkeer gaat het asfalt buigen. De mate van buiging wordt uitgedrukt in een rek, en is weergegeven in micron. Als de buiging van het asfalt te groot wordt, dan zal er een scheur ontstaan. De mate van buiging is afhankelijk van de volgende aspecten:

- De zwaarte van het vrachtverkeer
- Dikte en stijfheid asfalt en fundering
- Stijfheid of draagkracht van de ondergrond



Afbeelding 4.17, Schematische weergave verhardingsconstructie

Het komt zeer zelden voor dat asfalt door een te hoge belasting in één keer breekt. Wel kan asfalt door herhaalde buiging breken. Dit is vergelijkbaar met het breken van een paperclip. Hoe vaker de herhaling van vervorming, hoe sneller hij breekt. Dit heet ook wel vermoeiing van materiaal. Het toelaatbaar aantal buigingen tot breuk moet minstens even groot zijn als het optredende aantal buigingen van het verkeer. Omgekeerd bepaald het aantal optredende buigingen in de constructie de toelaatbare mate van buiging. Het dimensioneren van de constructie gaat dan als volgt:



Afbeelding 4.18, Afbeelding vermoeiing

- Bepaal de hoeveelheid en zwaarte van het optredend vrachtverkeer
- Bereken met de vermoeiingsrelatie de toelaatbare doorbuiging (rek)
- Bepaal de draagkracht van de ondergrond
- Maak een keuze voor een funderingsmateriaal en –dikte
- Bereken de benodigde asfaltdikte

De hoeveelheid en de zwaarte van het vrachtverkeer en de draagkracht van de ondergrond is een gegeven en is niet te beïnvloeden. De materiaaleigenschappen van het asfalt, te weten de vermoeiingsrelatie en de stijfheid, zijn mede bepalend voor de dikte. Deze verschillen per asfaltmengsel.

Materiaaleigenschappen van asfalt [21]

Een onderdeel van het ontwerp van een verharding is het vaststellen van het materiaal en de laagdikte hiervan. Voor de invoering van de CE-markering werden er standaard vastgestelde materiaaleigenschappen gebruikt voor het dimensioneren van de constructie. In het verleden zijn hierdoor de ontwerpvrijheden beperkt. De hoeveelheid optredend vrachtverkeer is hierbij een gegeven en via de vaste vermoeiingsrelatie F78 staat de toelaatbare rek vast.

- Vermoeiing: F78 relatie ('F' van het Engelse Fatigue en 78 van 1978)
- Stijfheid: S78 relatie (feitelijk de 'S' van het Engelse Stiffness)

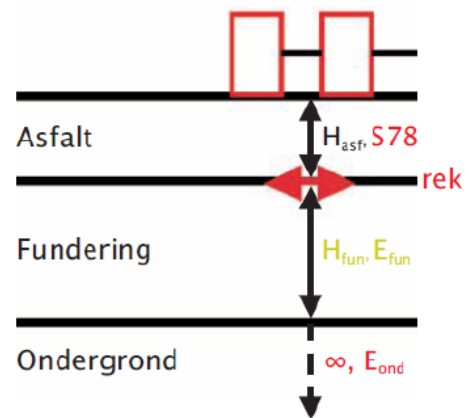


Afbeelding 4.19, Mogelijke ontwerpvrijheden vroeger

Ook de stijfheid van het asfalt (S78) is een vaste waarde en de draagkracht van de ondergrond is een gegeven. Er is alleen variatie in het type en de dikte van de fundering.

Toen de CE-markering was ingevoerd voor het asfalt zijn er functionele materiaaleigenschappen vastgesteld.

In plaats van het voorschrijven van een bepaalde dikte van het asfalt met bijhorende eigenschappen kan er nu worden overgestapt naar het opgeven van een te behalen levensduur en de verkeersbelasting welke optreedt. De materiaaleigenschappen van het asfalt, te weten de vermoeiingsrelatie en de stijfheid, zijn mede bepalend voor de dikte.

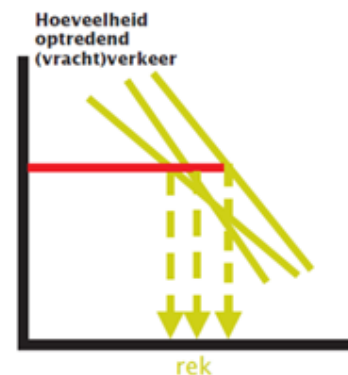


Afbeelding 4.20, Weergave S78

De voor de dimensionering belangrijkste eigenschappen zijn hierin:

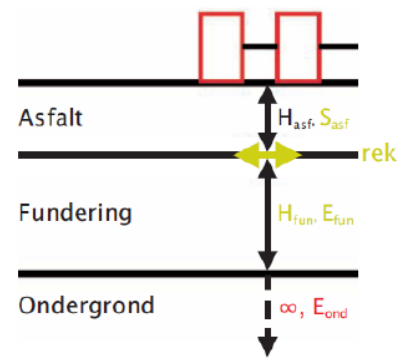
- *De stijfheid S_{min}*: Door een hogere stijfheid is de mate van (door)buiging geringer en is de levensduur groter.
- *De weerstand tegen vermoeiing (ε₆)*: Dit is de rek waarbij het toelaatbaar aantal buigingen precies 10⁶ (1.000.000) is. Een hogere ε₆ wil zeggen betere vermoeiingseigenschappen.

Omdat de stijfheid en de weerstand tegen vermoeiing van het asfalt nu niet meer vastliggen is het aantal ontwerpalternatieven groter geworden. Na het bepalen van de hoeveelheid vrachtverkeer moet een keuze worden gemaakt uit beschikbare vermoeiingsrelaties die de toe te laten rek bepalen. Deze variabel toe te laten rek is nu, naast het type en de dikte van de fundering, ook mede afhankelijk van de stijfheid van het asfalt. In het ontwerp zijn twee extra vrijheidsgraden opgenomen te weten: de stijfheid en de weerstand tegen vermoeiing. Hierin kunnen zelf keuzes worden gemaakt.



Afbeelding 4.21,
Ontwerpvrijheden
tegenwoordig

Omdat de stijfheids- en vermoeiingseigenschappen van CE-gemarkeerd asfalt opgegeven worden en gegarandeerd zijn, kan hiermee rekening worden gehouden in het dikteontwerp. Alle overige gegevens (verkeer, fundering, ondergrond) zijn gelijk. De invloed van stijfheidsverschillen is bij gelijkblijvende vermoeiingseigenschappen beperkt. De weerstand tegen vermoeiing (ϵ_6) heeft een veel grotere invloed op de benodigde asfaltdikte. Er zit ook een dilemma bij gebruik van variabele stijfheden en vermoeiingseigenschappen.



Afbeelding 4.22

Processchema asfaltconstructies ontwerpen [23]

Samenvattend wordt dimensioneren beschouwd op :

- de dimensionering tegen scheurvorming
- (de dimensionering tegen blijvende vervormingen (beperking van het spoorvormingsverschijnsel))

In beide gevallen is het noodzakelijk de spanningen te bepalen die in de verschillende punten van de weg door de lasten voorkomen. Voor deze bepaling wordt gesteund op een meerlagen lineair elastische theorie (gebruikt in Care en Ascon).

De dimensionering tegen blijvende vervormingen steunt op het gebruik van een theoretisch model dat rekening houdt met de dwarsverdeling van de lasten aan het oppervlak van de weg en waarin de wetten zijn ingevoerd die in het laboratorium inzake de blijvende vervorming van de materialen worden gevonden (herhaalde-samendrukkingproeven).

Het gebruik van dit model in de praktijk werd gemakkelijker gemaakt door de uitwerking van diverse computerprogramma's zoals omschreven in hoofdstuk 4.4.

Onderstaand is het processchema weergegeven voor het ontwerpen van de asfaltconstructies.:



Afbeelding 4.24, Processchema ontwerpen asfaltconstructies

4.5.4 Variant basis conform CROW referentie

Voor het maken van de varianten welke samengesteld worden uit eigen keuzes, is eerst de basis berekening gemaakt conform de CROW referentie. Hierin zijn standaard eigenschappen verwerkt welke een asfaltdikte berekenen op basis van de CROW referentie. De CROW referentie is gebaseerd op de Shell designmethode (SF78). Shell heeft hierin onderzoek gedaan naar de parameters van asfalt. De samenstelling van het asfalt is gebaseerd op de 'Eisen van Rijkswaterstaat 1978'. Er heeft toen in dat jaar een belangrijke aanpassing plaatsgevonden in de samenstelling van asfaltmengsels. De hoeveelheid bitumen is toen bij alle mengsels een half tot één procent verminderd, zodat de mengsels stabiel en stijver werden, omdat er toen veel spoorvorming optrad op het hoofdwegennet. De weerstand tegen vermoeiing nam hierdoor wel aanzienlijk af. Hieruit is de naam ook af te leiden: S78/F78. De 'S' staat voor Stiffness(Stijfheid) en de 'F' staat voor Fatigue(Vermoeiing). De 78 staat voor het jaar 1978.[21]

Variant CROW referentie						
laag	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
asfalt	CROW-referentiemengsel (S: 7500; ε6: 100; fc: 0; ITSr: 80; HR: 4,0)		227			€ -
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	35	0,0025	0,0875	€ 6,40
tussenlaag	AC 16 bin/base 35/50 60% PR rebeastone	€ 34,25	60	0,0025	0,15	€ 5,14
onderlaag	AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone	€ 33,09	132	0,0025	0,33	€ 10,92
fundering	Hydr. Menggranulaat	€ 5,85	300	0,002	0,6	€ 3,51
						€ 25,97 /m²

Conform de CROW referentie is er een asfaltdikte berekend van 227 millimeter om aan de eisen te kunnen voldoen. In de op te stellen varianten worden er specifieke mengsels toegepast om hierin optimalisaties te vinden.

4.5.5 Variant 1

In deze variant bestaat de fundering, zoals bepaald in de multicriteria analyse in hoofdstuk 4.3.2., uit hydraulisch menggranulaat. De asfaltconstructie is opgebouwd uit asfalt met polymeer gemodificeerde bitumen. Zoals omschreven in hoofdstuk 4.2.4. is asfalt met polymeer gemodificeerde bitumen zeer goed bestand tegen vervormingen en hoge belastingen afkomstig van vrachtverkeer. Voor de onderlaag asfalt heb ik het mengsel AC22 Bin/Base 40/100-65 50% PR Bestone gekozen. Dit is een asfaltmengsel met een korrelmaat van 22 millimeter en een styrelf bitumen (40/100-65). Styrelf bitumen is een polymeer gemodificeerde bitumen ontwikkeld door Total. Tevens zit er 50% PR verwerkt in dit mengsel (hergebruikt asfalt). Als tussenlaag heb ik het door BAM ontwikkelde mengsel Kjellbase gekozen (Kjellfalt 16 bin 35/50 Bestone). Dit mengsel heeft hoge stabiliteitseisen. Als deklaag heb ik een SMA-11B gekozen. SMA is goed bestand tegen vervormingen. De berekende levensduur is conform eis E7012 uit het programma van eisen van het Hbr 40 jaar. In deze berekening is er gerekend met een deklaag van 35 millimeter en een tussenlaag

van 50 millimeter. Hieruit volgt een onderlaag van 64 millimeter. De totale asfaltconstructie in deze variant is 150 millimeter dik. Onderstaand is de prijs per m2 berekend.

Variant 1						
laag	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	35	0,0025	0,0875	€ 6,40
tussenlaag	Kjellfalt 16 bin 35/50 Bestone	€ 82,85	50	0,0025	0,125	€ 10,36
onderlaag	AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone	€ 44,10	65	0,0025	0,1625	€ 7,17
fundering	Hydr. Menggranulaat	€ 5,85	300	0,002	0,6	€ 3,51
						€ 27,43 /m²

4.5.6 Variant 2

In deze variant gebruik ik dezelfde fundering zoals in variant 1, echter is de asfaltconstructie gedimensioneerd met asfalt zonder polymeer gemodificeerde bitumen. Hierdoor kan ik de verschillen zien tussen een variant met polymeer gemodificeerde bitumen en een variant zonder polymeer gemodificeerde bitumen op dezelfde fundering. Voor de onderlaag heb ik nu de AC22 Bin/Base 35/50 60% PR Bestone gekozen. Als tussenlaag is het mengsel AC16 25/50 Bin/Base 60% PR Bestone toegepast. De deklaag is een SMA NL-11B. In deze berekening is er gerekend met een deklaag van 35 millimeter en een tussenlaag van 50 millimeter. Hieruit volgt een onderlaag van 99 millimeter. De totale asfaltconstructie in deze variant is 185 millimeter dik. In deze variant zie je dus een asfaltdikte toename van 35 millimeter in de onderlaag. Deze dikte is benodigd om aan de eisen te kunnen voldoen. Dit is het gevolg van asfalt zonder polymeer gemodificeerde bitumen. Er is meer asfaltdikte benodigd om de belastingen goed te kunnen opvangen.

Onderstaand is de prijs per m2 berekend.

Variant 2						
laag	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	35	0,0025	0,0875	€ 6,40
tussenlaag	AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone	€ 34,25	50	0,0025	0,125	€ 4,28
onderlaag	AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone	€ 33,09	100	0,0025	0,25	€ 8,27
fundering	Hydr. Menggranulaat	€ 5,85	300	0,002	0,6	€ 3,51
						€ 22,46 /m²

Door de dikkere asfaltconstructie is de totale prijs hoger dan variant 1. Het asfalt met poly gemodificeerde bitumen is wel duurder per ton, maar door de reductie van laagdikte in variant 1 is de totaalprijs lager dan variant 2.

4.5.7 Variant 3

In deze variant komt een zandfundering terug in het berekenen. Zand is niet als beste uit de multicriteria analyse gekomen, maar om aan te tonen wat een zandfundering doet met de asfaltconstructiedikte, heb ik deze variant toch berekend. Hierin zijn dezelfde asfalttypes toegepast als in variant 2. Er is gerekend met een deklaag van 34 millimeter en een tussenlaag van 50 millimeter. Hieruit volgt een onderlaag van 165 millimeter. De totale asfaltconstructie in deze variant is 250 millimeter dik. Deze enorme toename in dikte is het gevolg van de zandfundering.

Variant 3						
laag	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	35	0,0025	0,0875	€ 6,40
tussenlaag	AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone	€ 34,25	50	0,0025	0,125	€ 4,28
onderlaag	AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone	€ 33,09	165	0,0025	0,4125	€ 13,65
fundering	Zand	€ 4,50	500	0,0017	0,85	€ 3,83
						€ 28,15 /m ²

De draagkracht van zand is zeer laag en hierdoor is er een asfaltdikte toename van wel 65 millimeter in vergelijking tot variant 2. Door deze asfaltdikte en slecht draagkrachtige ondergrond is het geen aantrekkelijke variant. Bovenstaand zijn de kosten per m2 weergegeven.

4.5.8 Variant 4

In deze variant bestaat de fundering uit menggranulaat. In varianten 1 en 2 heb ik hydraulisch menggranulaat toegepast. Om te zien wat er gebeurt met de asfaltdikte bij het toepassen van menggranulaat heb ik deze fundering ook gedimensioneerd. De draagkracht van menggranulaat in vergelijking tot hydraulisch menggranulaat is 200 Mpa lager. De onder- en tussenlagen bestaan in deze variant uit asfalt met polymeer gemodificeerde bitumen. Er is gerekend met een deklaag van 35 millimeter en een tussenlaag van 50 millimeter. Hieruit volgt een onderlaag van 91 millimeter. In de praktijk zal dit worden afgerond naar hele getallen (dus 90 millimeter).

De totale asfaltconstructie in deze variant is 176 millimeter dik. Onderstaand zijn de kosten per m2 weergegeven.

Variant 4						
laag	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	35	0,0025	0,0875	€ 6,40
tussenlaag	AC 16 bind/base 50% PR Styrelf 40/100-65 A AP Bestone	€ 45,51	50	0,0025	0,125	€ 5,69
onderlaag	AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone	€ 45,35	91	0,0025	0,2275	€ 10,32
fundering	Menggranulaat	€ 5,20	300	0,002	0,6	€ 3,12
						€ 25,53 /m ²

Door de toepassing van een minder draagkrachtige fundering, namelijk menggranulaat in plaats van hydraulisch menggranulaat, zien we een toename in het asfaltpakket van 25 millimeter. Hierdoor is deze variant ook duurder per m2 wegens de asfaltdikte toename.

4.5.9 Variant 5

In deze variant heb ik als fundering een slakkensoort toegepast, de hoogovenslakken. Ook deze funderingssoort is niet uit de multicriteria analyse gekomen als beste toepasbaar, maar ik wil hierin toch zien wat het doet in een asfaltberekening. Hoogovenslakken hebben een hoge draagkracht van wel 1000 Mpa. In deze variant is er gerekend met een deklaag van 35 millimeter. Hieruit volgt een onderlaag van 91 millimeter. De totale asfaltconstructie komt hiermee op een dikte van 126 millimeter. Er is minimaal 120 millimeter asfalt benodigd op deze fundering om reflectiescheuren die eventueel ontstaan in de fundering door te laten groeien naar de deklaag. De asfaltdikte in deze variant voldoet daar aan.

Door de hoogovenslakken met een hoge draagkracht heeft deze variant de minst hoge asfaltdikte benodigd om aan de eisen te voldoen. Onderstaand zijn de kosten per m2 weergegeven. Echter zijn de hoogovenslakken geen ideale keus, zoals bepaald in de multicriteria analyse.

Variant 5						
laag	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	35	0,0025	0,0875	€ 6,40
onderlaag	AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone	€ 33,09	91	0,0025	0,2275	€ 7,53
fundering	Hoogovenslakken	€ 14,00	300	0,002	0,6	€ 8,40
						€ 22,33 /m ²

4.5.10 Variant 6

In deze variant bestaat de fundering uit hydraulisch menggranulaat. Er is een asfaltconstructie met LEAB gebruikt. In deze berekening is er gerekend met een deklaag van 35 millimeter. Het LEAB asfalt is het mengsel AC 22 Bin/Base 35/50 60% PR Rebeastone. De berekende onderlaag komt uit op een totale dikte van 170mm (verdeeld over 2 lagen). De totale asfaltconstructie in deze variant is 205 millimeter dik. Vergeleken met variant 2 zit er een asfaltdikte toename van 20mm. Dit komt doordat het LEAB asfalt vergeleken met de standaard AC22 mindere vermoeiingseigenschappen heeft. Onderstaand zijn de kosten per m2 berekend.

Variant 6						
laag	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	35	0,0025	0,0875	€ 6,40
onderlaag	LEAB 16 bind/base 35/50 60% PR Rebeastone	€ 36,55	80	0,0025	0,2	€ 7,31
onderlaag	LEAB 16 bind/base 35/50 60% PR Rebeastone	€ 36,55	90	0,0025	0,225	€ 8,22
fundering	Hydr. Menggranulaat	€ 5,85	300	0,002	0,6	€ 3,51
						€ 25,44 /m ²

LEAB is constructief gelijkwaardig aan conventioneel asfalt. Echter scoort dit asfalt zeer goed op duurzaamheid door reductie in co2 productie. Dit zal dus pas aantrekkelijk zijn wanneer er gescoord kan worden op duurzaamheid bij een aanbesteding.

In de bovenstaande varianten zijn nu diverse varianten opgesteld met ongebonden en lichtgebonden funderingen. De fundering betongranulaat is niet in een variant aan bod gekomen omdat deze fundering dezelfde draagkracht (600 Mpa) heeft als hydraulisch menggranulaat. Hierdoor zal dit geen verschil maken bij het dimensioneren van de asfaltconstructie. In onderstaande varianten zullen gebonden funderingen gebruikt worden.

4.5.11 Variant 7

In deze variant is een bitumineus gebonden fundering toepast. Dit type fundering kwam ook uit de multicriteria analyse als beste fundering naar voren uit de groep gebonden funderingen. Er is gerekend met een asfaltconstructie welke bestaat uit conventioneel asfalt. Dit omdat deze fundering een zeer hoge draagkracht heeft en bovenliggende asfaltconstructie dus kan volstaan met een minder sterke constructie. Deze variant is berekend met een ander programma dan OIA. Hier bleken tijdens het berekenen geen juiste materiaaleigenschappen in te staan. Het programma waarmee deze variant is berekend heet BoundBase. Met dit programma kunnen gebonden funderingen berekend worden. In deze variant is een fundering van 300mm dik toegepast. Hieruit volgt een asfaltconstructie van totaal 185mm. Als er een minder dek asfaltpakket wordt toegepast bezwijkt de fundering op vermoeiing. Onderstaand zijn de kosten per m2 berekend.

Variant 7						
laag	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	40	0,0025	0,1	€ 7,32
tussenlaag	AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone	€ 34,25	82	0,0025	0,205	€ 7,02
onderlaag	AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone	€ 33,09	120	0,0025	0,3	€ 9,93
fundering	Bitumineus gebonden AGRAC	€ 75,00	300	0,0025	0,75	€ 56,25
						€ 80,51 /m ²

Door de hoge kostprijs van deze fundering is deze variant erg duur vergeleken met de andere varianten. Ondanks een fundering met een hoge draagkracht van wel 1500 Mpa is er toch nog een asfaltpakket van 242 millimeter benodigd om te voldoen. Deze fundering is door de bitumen redelijk flexibel en hierdoor zal de constructie met een dunner asfaltpakket bezwijken op vermoeiing. Deze fundering is minder stijf dan de fundering in variant 8 (dit komt door de aanwezigheid van bitumen).

4.5.12 Variant 8

In deze variant is een fundering toegepast van cement gebonden asfaltgranulaat. Deze fundering kwam niet als beste uit de multicriteria analyse, maar om de vergelijking te maken met variant 7 is deze berekend. In deze variant is een fundering van 300 millimeter toegepast. Hieruit volgt een asfaltconstructie van totaal 140 millimeter dik. Vergeleken met variant 7 levert die een reductie op van wel 45 millimeter. Dit komt doordat de fundering in deze variant beter bestand is tegen vermoeiing en het asfaltpakket dus kan volstaan met een minder dik pakket.

Onderstaand zijn de kosten per m2 berekend.

Variant 8						
	type	prijs per ton	dikte laag (mm)	ton/mm/m2	ton/m2	
deklaag	SMA 11B 70/100 Bestone	€ 73,15	35	0,0025	0,0875	€ 6,40
tussenlaag	AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone	€ 34,25	60	0,0025	0,15	€ 5,14
onderlaag	AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone	€ 33,09	90	0,0025	0,225	€ 7,45
fundering	Cement gebonden AGRAC	€ 110,00	300	0,0025	0,75	€ 82,50
						€ 101,48 /m ²

Deze variant is de duurste door de hoge kostprijs van de fundering.

4.5.13 Keuze van 3 definitieve varianten

Nu de verschillende varianten zijn opgesteld en geanalyseerd, zullen er totaal 3 varianten uitgekozen worden welke verder aan bod komen in dit onderzoek. Om ook een variant met een gebonden fundering te kunnen analyseren (welke uitgesloten wordt in het PVE) op kostenefficiëntie is deze variant ook verder mee genomen in het onderzoek. Het kan interessant zijn wanneer blijkt dat deze variant toch goed scoort op kostenefficiëntie. Deze variant kan dan als alternatief worden aangeboden aan het Hbr met een onderbouwing van de alternatieve optiekeuze.

Van alle varianten heb ik variant 1 en 2 en 7 geselecteerd welke zullen worden begroot in hoofdstuk 5. Deze varianten zijn gedimensioneerd met een fundering van hydraulisch menggranulaat (welke ook het beste scoorde in de MCA Funderingen), en een asfaltconstructie in variant 1 met polymeer gemodificeerde bitumen en een asfaltconstructie zonder polymeer gemodificeerde bitumen in variant 2. Deze varianten voldoen aan de gestelde eisen en zijn qua prijs ook aantrekkelijk. Van de varianten met gebonden funderingen heb ik variant 7 uitgekozen om verder te analyseren in het onderzoek. In deze variant is er een fundering van bitumineus gebonden asfaltgranulaat toegepast welke een zeer sterke draagkracht heeft. Dit type fundering kwam ook uit de groep gebonden funderingen als beste uit de multicriteria analyse.

5 Kostenramingen wegconstructies

Nu in voorgaand hoofdstuk de varianten gekozen zijn welke zullen worden uitgewerkt in het onderzoek, kunnen de totale kostenramingen gemaakt worden voor deze betreffende varianten. De kostenramingen zijn gebaseerd op de aanlegkosten van deze varianten. De ramingen van de varianten zijn berekend in Metacom. Dit is een calculatieprogramma waar de BAM mee werkt. Van alle varianten worden de betreffende funderingen en asfaltconstructies berekend. De eenheidsprijzen in de calculatie zijn wel aangepast, dit wegens de vertrouwelijkheid van de kostprijzen van BAM. De prijzen zijn wel evenredig naar boven of beneden bijgesteld, zodat de resultaten indezelfde rangorde eruit komen. De calculaties zijn in de bijlagen toegevoegd.

5.1 Raming variant 1

Variant 1	€ 2.749.268,79
Asfaltconstructie incl. poly gemodificeerde bitumen	
SMA-NL 11B (d=35 mm)	€ 2.516.518,79
Kjellfalt 16 bin 35/50 (d=50 mm)	
AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone (d=64mm)	
Fundering:	€ 232.750,00
Hydraulisch menggranulaat(d=300)	

Tabel 5.1, Kostenraming variant 1

5.2 Raming variant 2

Variant 2	€ 2.653.595,29
Asfaltconstructie excl. poly gemodificeerde bitumen	
SMA-NL 11B (d=35 mm)	€ 2.420.845,29
AC16 25/50 Bin/Base 60% PR Bestone (d=50 mm)	
AC 22 Bin/Base 35/50 60%PR Rebeastone(d=99mm)	
Fundering:	€ 232.750,00
Hydraulisch menggranulaat(d=300)	

Tabel 5.2, Kostenraming variant 2

5.3 Raming variant 7

Variant 7	€ 5.553.632,10
Asfaltconstructie	
SMA-NL 11B (d=35 mm)	
AC16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone (d=82mm)	€ 3.076.718,04
AC22 Bin/Base 35/50 60% PR Bestone (d=120mm)	
Fundering:	
Bitumineus gebonden asfaltgranulaat(d=300)	€ 2.476.914,06

Tabel 5.3, Kostenraming variant 7

5.4 Vergelijking kosten varianten

Na het calculeren van de kostprijzen voor het aanbrengen van de verschillende varianten zien we dat variant 2 als goedkoopste oplossing naar voren komt. Vergeleken met variant 1 zien we een verschil van ruim € 95.000,-. Dit komt doordat er in variant 2 asfalt zonder polymeer gemodificeerde bitumen aanwezig is, en in variant 1 asfalt met polymeer gemodificeerde bitumen. Dit asfalt is een stuk duurder. In variant 7 is het aanbrengen van de wegconstructie met een kostprijs van € 5.553.632,10 het duurst. Dit komt door de dure fundering die in deze constructie verwerkt zit en het dikke asfaltpakket. Deze fundering heeft een hoge draagkracht van wel 1500 Mpa maar ondanks deze fundering is er toch nog een asfaltpakket van 242 millimeter benodigd om aan de gestelde eisen te kunnen voldoen. Dit komt omdat dit type fundering mindere vermoeiingseigenschappen heeft, en door de optredende belastingen een dikker asfaltpakket benodigd heeft. Zowel in de fundering als het asfaltpakket stijgen de kosten hier enorm. Deze drie varianten worden in hoofdstuk 6 geanalyseerd op de kostenefficiëntie.

6 Onderzoek kostenefficiëntie

In dit hoofdstuk wordt er omschreven wat kostenefficiëntie precies inhoudt (6.1) en uit welke elementen kostenefficiëntie bestaat (6.2). Vervolgens wordt er bekeken welke elementen hiervan bepalend zijn voor dit onderzoek. Met deze elementen wordt er een multicriteria analyse opgesteld waar de verschillende varianten worden geanalyseerd op kostenefficiëntie (6.3).



6.1 Kostenefficiëntie

Kostenefficiëntie behelst de mate waarin de recurrente kosten dusdanig zijn afgebakend binnen een bepaalde periode of gestelde termijn. Niet te verwarren met het begrip kostenbesparing, welke zich enkel richt op het beperken van de uitgaven tot een bepaalde grens. Kostenefficiëntie richt zich daarentegen op een positief kostenresultaat voor de langere termijn, waarin effectieve kosten resulteren in effectieve oplossingen. De focus hierin ligt op gerichte investeringen waarmee besparingen op lange termijn gerealiseerd worden.

Voor het realiseren van kostenefficiëntie moeten enkele elementen van genoemd begrip in aanmerking genomen worden. In casu zijn de volgende elementen van belang, namelijk kostprijs bij aanleg, technische levensduur, onderhoudbaarheid, beschikbaarheid, restwaarde en duurzaamheid. In de volgende paragraaf worden deze elementen nader uiteengezet.

6.2 Elementen kostenefficiëntie

- **Kostprijs bij aanleg**
De kosten van een variant starten bij de aanleg van de wegconstructie. In deze fase zijn de aanlegkosten de primaire kosten van de total life cycle costs³. In casu is variant 3 volgens de begroting de duurste variant.
- **Technische levensduur**
Per variant zijn er verschillende soorten asfalt en funderingssoorten gebruikt. Deze materialen hebben allemaal een eigen technische levensduur. Hoe langer een materiaal meegaat en voldoet aan de eisen welke het moet hebben in de wegconstructie, hoe minder snel er onderhoud aan moet worden uitgevoerd. Hoe langer de technische levensduur, hoe minder onderhoudskosten dit met zich meebrengt. Dit element vervolgt in onderstaand toegelicht element onderhoudbaarheid.

³ De life cycle costs zijn de totale kosten die benodigd zijn voor het aanbrengen en het instandhouden van het product gedurende de gehele levensduur.

- **Onderhoudbaarheid**

Wanneer een materiaal of bepaalde laagsoort in een variant het einde van de technische levensduur bereikt, dient er onderhoud te worden uitgevoerd. Dit onderhoud, uitgedrukt in kosten, is een belangrijk element in de kostenefficiëntie. Hoe minder onderhoud er hoeft worden uitgevoerd, hoe minder kosten dit met zich meebrengt. Daarnaast zijn ook de hoeveelheid kosten belangrijk. Per variant kan dit verschillen in verband met diverse types asfalt.

- **Restwaarde**

Een volgend element in de kostenefficiëntie en een punt in de life cycle costs, is de restwaarde van de materialen wanneer deze vrijkomen bij onderhoud. De vrijkomende materialen moeten worden afgevoerd naar een verwerker welke deze materialen zal bewerken voor eventueel hergebruik. Per materiaal uit de wegconstructie wordt er gekeken wat de restwaarde is. Hoe hoger de restwaarde, hoe efficiënter de eerder besteede kosten van de koop van materialen bij de aanleg van de wegconstructie.

- **Duurzaamheid**

De duurzaamheid in een wegconstructie is een ruim begrip. Onder duurzaamheid in mijn onderzoek, met betrekking tot de wegconstructies en kostenefficiëntie, zie ik de volgende termen vallen onder duurzaamheid: CO2 productie en herbruikbaarheid van de materialen. Hierin kijk ik naar CO2 productie van de aanleg van de varianten, en de herbruikbaarheid van het materiaal bij het vrijkomen bij onderhoud. Een vrijkomend materiaal kan na één bewerking al hergebruikt worden, maar een ander type materiaal moet meerdere malen bewerkt worden voordat het kan worden hergebruikt. Hier zijn deze materialen op te waarderen. Hoe minder bewerkingen aan het materiaal, hoe sneller er kan worden hergebruikt, dus hoe minder geld dit kost.

De bovengenoemde elementen worden in hoofdstuk 6.3 verwerkt in een multicriteria analyse. In hoofdstuk 4.3.2. en 4.3.4. zijn de multicriteria analyses voor de fundering en bovenliggende verharding gemaakt. In deze analyse worden de betreffende varianten geanalyseerd en per element wordt er een waarde toegekend aan de variant. Dit heeft betrekking tot de gehele constructie. Na het analyseren en waarderen van de varianten volgt er een variant met de meeste waarderingen. Deze variant scoort op de verschillende elementen het hoogst en is hiermee de meest kostenefficiënte variant te noemen.

6.3 Multicriteria analyse t.b.v. bepaling kostenefficiëntie op de wegconstructievarianten

In deze multicriteria analyse zijn de in hoofdstuk 6.2 omschreven elementen verwerkt. Per element is er een wegingsfactor toegekend welke de verschillende varianten op de elementen waardeert.

- **Kostprijs**
Aan het element kostprijs heb ik de hoogste wegingsfactor van 5 toegekend. De kostprijs is de basis van de kostenefficiëntie en dus zeer belangrijk hierin.
- **Onderhoudbaarheid**
Het element onderhoudbaarheid heeft een wegingsfactor van 4 toegekend gekregen. Dit element bepaald wanneer er onderhoud moet plaatsvinden aan de variant en welke kosten dit met zich meebrengt. Een erg belangrijk element welke van grote invloed is op de kostenefficiëntie.
- **Technische levensduur**
Het element technische levensduur heeft in de analyse een wegingsfactor 3. Deze heeft relatie met betrekking tot het onderhoud. Hoe langer de constructie mee kan, hoe minder vaak er onderhoud hoeft te worden uitgevoerd aan de wegconstructie.
- **Duurzaamheid**
Het element duurzaamheid heeft een wegingsfactor van 2 gekregen. De duurzaamheid in de varianten brengt ook kosten met zich mee, zowel bij het aanbrengen van de weg, alsmede bij het onderhoud en vrijkomen van de materialen.
- **Restwaarde**
Het laatste element restwaarde heeft een wegingsfactor 2 gekregen. Bij onderhoud en vrijkomen van materialen hebben de materialen een bepaalde restwaarde.

Onderstaand is de MCA van kostenefficiëntie weergegeven.

			Type verharding		Variant 1: asfaltpakket incl. polymeeergemod. bitumen en fundering hydraulisch menggranulaat		Variant 2 asfaltpakket excl. polymeeergemod. bitumen en fundering hydraulisch menggranulaat		Variant 7 asfaltpakket excl. polymeeergemod. bitumen en fundering bitumineus AGRAC	
Criteria	Wegings factor	normen	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering	beoordeling	waardering
Kostprijs	5	< €	4	20	5	25	1	5		
Onderhoudbaarheid	4	Minst onderhoud	4	16	5	20	5	20		
Technische levensduur	3	Levensduur >: hoe langer hoe hoger de score	5	15	4	12	4	12		
Duurzaamheid	2	herbruikbaarheid: bij vrijkomen directe hergebruiken	5	10	5	10	3	6		
	2	CO2 productie bij aanleg: hoe meer CO2 hoe lager score	5	10	4	8	1	2		
Restwaarde	2	> €: hoe lager de stortkosten hoe hoger de score	4	8	5	10	2	4		
Totaalwaardering				79,00		85,00		49,00		

Tabel 6.1, MCA Kostenefficiëntie

In de MCA is variant 2 als meest kostenefficiënte variant naar voren gekomen.

- **Kostprijs**

Deze variant scoort goed op kostprijs. Variant 2 is de goedkoopste variant en daarmee met de basis van de kostenefficiëntie leidend in de analyse.

- **Onderhoudbaarheid**

Op het criterium onderhoudbaarheid scoort variant 1 het beste. Dit komt doordat variant 1 asfalt met polymeer gemodificeerde bitumen heeft. Deze asfalt variant kan gemiddeld 2 jaar langer mee als het asfalt in variant 2 en 3. De funderingen hebben geen onderhoud nodig. De wegconstructie ligt op een zettingsongevoelig gebied waardoor de fundering een oneindige levensduur heeft. Alleen het asfalt maakt hierin dus het onderscheid.

- **Technische levensduur**

Hierin is variant 1 leidend wegens de langere levensduur van 2 jaar door het polymeer gemodificeerde bitumen.

- **Duurzaamheid**

Bij het criterium duurzaamheid zijn er twee subcriteria: herbruikbaarheid en CO2 productie. Bij herbruikbaarheid is er gekeken naar het vrijkomende materiaal bij onderhoud of vernieuwing. In variant 1 en 2 bevindt zich asfalt en hydraulisch menggranulaat. Het asfalt is bij frezen te hergebruiken na een kleine handeling. De fundering in deze varianten (hydraulisch menggranulaat) kan gestort worden als metselpuin en kan ook na een kleine handeling hergebruikt worden. Hierdoor scoren variant 1 en 2 gelijk. Variant 3 heeft ook een asfaltverharding, maar wat hier nu het verschil maakt is de aanwezige gebonden fundering. Deze kan niet zomaar hergebruikt worden. Deze fundering moet eerst bewerkt worden. Het is een gebonden fundering en hierbij moeten er eerst handelingen worden verricht voordat het hergebruikt kan worden. Bij deze gebonden fundering zitten vaak ook andere producten in verwerkt zoals cement en zand. Deze variant scoort hierdoor het laagst. Bij de CO2 productie is gekeken naar de CO2 productie welke er vrijkomt bij het aanleggen van de betreffende varianten. Variant 1 scoort hier het best op door het dunste asfaltpakket. Variant 2 scoort hier wat minder op doordat er een dikker asfaltpakket aanwezig is. Door het dikkere asfaltpakket is er meer transport en asfaltproductie benodigd waardoor de CO2 productie stijgt. Variant 3 scoort het slechtst door het dikke asfaltpakket en de toepassing van een gebonden fundering. De fundering wordt op locatie gemaakt en aangebracht waardoor dit meer werk is en hierdoor dus meer CO2 productie ontstaat.

- **Restwaarde**

Het laatste criterium waardeert de varianten op de restwaarde bij vrijkomende materialen. Hierin scoren variant 1 en 2 gelijk in verband met dezelfde materialen in de constructie. In variant 3 bevindt zich de gebonden fundering welke hoge storkosten met zich meebrengen en dus het laagst scoort.

7 Bevindingen en conclusies

De vragen zoals geformuleerd in hoofdstuk 1.3 zijn beantwoordt in de voorgaande hoofdstukken en paragrafen. In dit hoofdstuk zullen de vragen bondig worden beantwoord aan de hand van de gevonden bevindingen en antwoorden (7.1). Nadat de bevinden zijn geformuleerd worden de conclusies beschreven(7.2).

7.1 Bevindingen

Hoofdvraag

Wat is de meest kostenefficiënte verhardingsconstructie op de Maasvlakte Plaza die voldoet aan het programma van eisen van het Havenbedrijf Rotterdam?

Nadat de materialen voor de fundering en verharding zijn geanalyseerd, en het duidelijk is geworden met welke materialen de constructie zo optimaal mogelijk kan worden aangelegd, zijn er 8 varianten opgesteld. Vanuit deze varianten zijn er uiteindelijk 3 varianten getoetst op kostenefficiëntie. Deze 3 varianten zijn geselecteerd op basis van de meest optimale fundering en verhardingskeuze. Uit de analyse is variant 2 als meest kostenefficiënte verhardingsconstructie naar voren gekomen. Deze variant bestaat uit een fundering van hydraulisch menggranulaat en een asfaltpakket van totaal 184 millimeter. De deklaag van het asfalt bestaat uit een SMA type asfalt wat goed bestand is tegen wringend verkeer. De tussen- en onderlaag bestaat uit asfalt met 60% PR. Dit maakt het asfalt stijver en de asfaltmengsels zijn goed bestand tegen zware belastingen. Ondanks dat deze constructie dikker is dan variant 1, is deze constructie toch als meest kostenefficiënte constructie uit de analyse naar voren gekomen.

Deelvraag 1

Waar bestaat het programma van eisen van het Havenbedrijf Rotterdam uit?

Zoals omschreven in hoofdstuk 2 bestaat het programma van eisen van de tender Maasvlakte Plaza uit een aantal verschillende aspecten. Het programma van eisen is opgedeeld in randvoorwaarden en eisen. Voor de openbare inrichting van Maasvlakte Plaza zijn er randvoorwaarden opgesteld voor de wegen en verhardingen welke moeten voldoen aan bepaalde richtlijnen en maatvoeringen. Met betrekking tot de truck-parking zijn er geen relatief weinig randvoorwaarden te vinden. Het Havenbedrijf heeft de inrichting zelf ontworpen op tekening en deze inrichting dient als basis voor de tender. Overige randvoorwaarden hebben betrekking op overige zaken welke geen relatie hebben met de wegverhardingen.

Verder zijn er bepaalde eisen opgesteld waar de wegverharding aan moet voldoen. Deze eisen zijn geanalyseerd en gedocumenteerd in hoofdstuk 2. Deze eisen betreffen de basis voor het ontwerp van varianten in de variantenstudie.

De uiteindelijke inschrijving zal worden beoordeeld middels EMVI. De beoordelingsmethode hierbij is de EURO methode. Wat opvalt in de beoordelingscriteria is dat er niet gescoord kan worden op criteria welke betrekking hebben tot de wegverharding. Ondanks dat de truck-parking van 60.000m² een enorme oppervlakte beslaat van het gehele gebied heeft het Havenbedrijf geen criteria hiervoor opgenomen in de beoordelingscriteria. De basis van de te behalen fictieve korting is de inschrijfprijs van de aannemer. Een lage prijs is hierbij dus zeker belangrijk. De lage prijs is in dit onderzoek ook hoog gewaardeerd om uiteindelijk de kans tot aanneming van het project te optimaliseren.

Deelvraag 2

Waar bestaat een (weg)verhardingsconstructie uit?

Zoals onderzocht in hoofdstuk 4 bestaat een wegverhardingsconstructie uit diverse materialen. Een wegverharding bestaat uit een bepaalde laagopbouw. Deze start altijd op de aanwezige ondergrond. De eerste laag van de constructie is de fundering. Er zijn hiervoor veel verschillende keuzes mogelijk welke allemaal betrekking hebben tot de functie en eisen van de wegverharding. Op de fundering komt een verhardingselement. Deze zijn te verdelen in 3 types, te weten: asfalt, beton of elementenverharding.

In deze types verhardingen zijn ook veel keuzes beschikbaar voor een bepaald type asfalmengsel, betonmengsel of een bepaalde steensoort. Nadat deze verschillende materiaalsoorten voor de fundering en verharding zijn geanalyseerd is er een keuze gemaakt voor welke materialen het beste kunnen worden toegepast op de truck-parking. De keuzes zijn gemaakt middels multicriteria analyses. Zoals omschreven in hoofdstukken 4.3.1. en 4.3.3. zijn er voor de keuzes een aantal criteria opgesteld waar de materialen op getoetst zijn. De materialen voor de fundering en verharding zijn de basis voor het ontwerpen van de varianten.

In hoofdstuk 4 is de variantenstudie ook opgenomen. Voor het ontwerpen van varianten zijn er diverse rekenprogramma's beschikbaar. Een aantal programma's hiervan zijn verouderd en zijn beperkt in mogelijkheden. Van de bekeken programma's is er één programma uitgekozen welke het beste toe te passen is voor het berekenen van de varianten. Middels dit programma zijn de diverse varianten opgesteld. Hierin is de relatie tussen een bepaalde fundering en benodigde asfaltdikte duidelijk geworden. Uiteindelijk zijn er 3 varianten uitgekozen welke zijn opgesteld conform de materialen die bepaald zijn in de MCA's. Hiervan is er 1 variant met een afwijkende fundering (gebonden fundering) uitgekozen om ook te toetsen op kostenefficiëntie. Voor de betreffende varianten zijn ook de begrotingen gemaakt. Deze kostprijzen zijn de basis voor de kostenefficiëntie.

Deelvraag 3

Hoe kan de kostenefficiëntie worden bepaald?

Zoals onderzocht en bepaald in hoofdstuk 6 zijn aan de hand van de definitie van kostenefficiëntie een aantal elementen opgesteld welke de kostenefficiëntie in dit onderzoek kan bepalen. De definitie van kostenefficiëntie is erg ruim. Middels de opgestelde elementen is het begrip kostenefficiëntie begrenst op de wegverhardingen. Hierin is gekeken naar diverse aspecten welke uiteindelijk dit samen kunnen toetsen. De opgestelde elementen zijn verwerkt in een MCA welke de 3 varianten toetsen op kostenefficiëntie. De variant welke het hoogste scoort is hiermee het meest kostenefficiënt te benoemen.

7.2 Conclusies

1. Analyse EMVI criteria Maasvlakte Plaza

In de EMVI criteria zijn er geen criteria opgenomen welke betrekking hebben tot de wegconstructie. Ondanks de zeer grote kostenpost van de wegconstructie van deze tender, biedt de opdrachtgever de aannemer geen mogelijkheden om te scoren op eventuele onderscheidende mogelijkheden binnen het aanleggen van een wegconstructie. De criteria welke genoemd zijn door de opdrachtgever zijn niet onbelangrijk te noemen, maar deze bieden weinig kans tot onderscheiding tussen de aannemers. De gekozen beoordelingsmethode hierin is een juiste keuze. Hierin is de inschrijfprijs de basis voor de fictieve kortingen. Prijs is hierin dus een zeer belangrijk aspect.

2. Uitkomst keuze analyse en aanbevolen fundering van de wegconstructie

Vanuit verschillende funderingsmaterialen welke de afgelopen tien jaar het meest voorkwamen bij wegconstructies die BAM aangelegd heeft, is er een analyse uitgevoerd op de meest optimale fundering. Een funderingstype kan worden bepaald door de opdrachtgever, maar bij Maasvlakte Plaza is de aannemer vrij in eigen keus. Hierbij kan BAM gebruik maken van eigen engineering capability. Het Havenbedrijf heeft wel als eis het toepassen van gebonden funderingen uitgesloten. Wel is er in dit onderzoek een variant opgesteld met een gebonden fundering om dit type fundering te kunnen analyseren op kostenefficiëntie. De verschillende mogelijke funderingen zijn getoetst binnen de normering conform MCA (ref.hoofdstuk 4.3.2.). Wat opviel is dat alle mogelijke funderingsmaterialen bestaan uit bijna 100% gerecyclede materialen. Hier is verder niet op getoetst, omdat er geen onderscheid gemaakt kan worden in gerecycled materiaal. Hydraulisch menggranulaat is naar voren gekomen als meest optimale keuze uit de verschillende funderingen die zijn geanalyseerd en getoetst op de toepasbare eisen en de opgestelde criteria.

3. Uitkomst keuze analyse en aanbevolen verharding van de wegconstructie

Er zijn verschillende verhardingen voor een wegconstructie welke in 3 soorten kunnen worden ingedeeld, te weten: asfalt, beton of elementenverharding. Deze 3 types verhardingen zijn getoetst binnen de normering conform MCA (ref.hoofdstuk 4.3.4.). Asfalt is naar voren gekomen als meest optimale keuze uit de 3 verschillende types verhardingen die zijn geanalyseerd op de toepasbare eisen en de opgestelde criteria.

4. Keuze van de types asfalt in de wegconstructie

Er zijn veel verschillende soorten asfalt in Nederland welke allemaal een bepaalde eigenschappen hebben. In dit onderzoek zijn diverse soorten asfalt geanalyseerd en omschreven. Vanuit het onderzoek zijn er voor de asfaltconstructie diverse asfalttypes gekozen welke goed toepasbaar zijn op de truck-parking. Voor de deklaag is een SMA deklaag gekozen. SMA is goed bestand tegen wringend verkeer en daardoor de juiste keuze voor een truck-parking. Voor de tussen-en onderlaag blijkt een asfalttype met 60% PR het meest optimaal. Hierin zit hergebruikt asfalt waarop nog een oude bitumenlaag zit. Dit zorgt voor een stijver asfalmengsel.

5. Het beste rekenprogramma voor het dimensioneren van een wegconstructie

Vanuit de verschillende bekeken rekenprogramma's is OIA er als meest optimaal uit gekomen. OIA biedt veel mogelijkheden en is voorzien van een uitgebreide database van verschillende types funderingen en asfalmengsels. Tevens rekent OIA met een visco plastisch rekenmodel, wat een betere voorspelling geeft van het werkelijke gedrag van de asfaltconstructie.

6. De variant met de laagste kostprijs

Er zijn totaal 3 begrotingen gemaakt van de varianten welke getoetst zijn op kostenefficiëntie. De kostprijs is de basis en een zeer grote factor van de kostenefficiëntie. Variant 2 blijkt met een kostprijs van totaal € 2.653.595,29 de variant met de laagste kostprijs. Deze variant is ruim € 95.000,- goedkoper dan variant 1. Dit komt door de goedkopere asfalmengsels welke zijn toegepast in deze variant. De totale asfaltdikte is wel hoger dan de dikte in variant 1, maar ondanks deze hogere asfaltdikte is de totale kostprijs het laagst.

7. De meest kostenefficiënte constructie

Aan de hand van de MCA kostenefficiëntie uit hoofdstuk 6.3 blijkt variant 2, welke bestaat uit een fundering van hydraulisch menggranulaat en een asfaltpakket van 184 millimeter, de meest kostenefficiënte variant te zijn. Variant 1 voldoet ook aan de gestelde eisen, maar deze variant is in aanleg en onderhoud een stuk duurder dan variant 2. Mede hierdoor is variant 1 niet de meest kostenefficiënte verharding. Variant 7, de variant met een gebonden fundering, is het minst kostenefficiënt. Naast de zeer dure fundering, is er ook een dikker asfaltpakket benodigd om aan de gestelde eisen te kunnen voldoen.

8 Aanbevelingen

Zoals omschreven in hoofdstuk 7.2, en bepaald in hoofdstuk 6.3, is variant 2 de meest kostenefficiënte verhardingsconstructie welke toegepast kan worden op de truck-parking van Maasvlakte Plaza. Deze variant voldoet aan alle gestelde eisen en scoort het beste op de verschillende elementen van kostenefficiëntie. Onderstaand is kort en bondig samengevat waarom variant 2 het meest kostenefficiënt te noemen is.

- Laagste kostprijs
- Goedkoopst in onderhoud
- Duurzame materialen
- Hoogste restwaarde

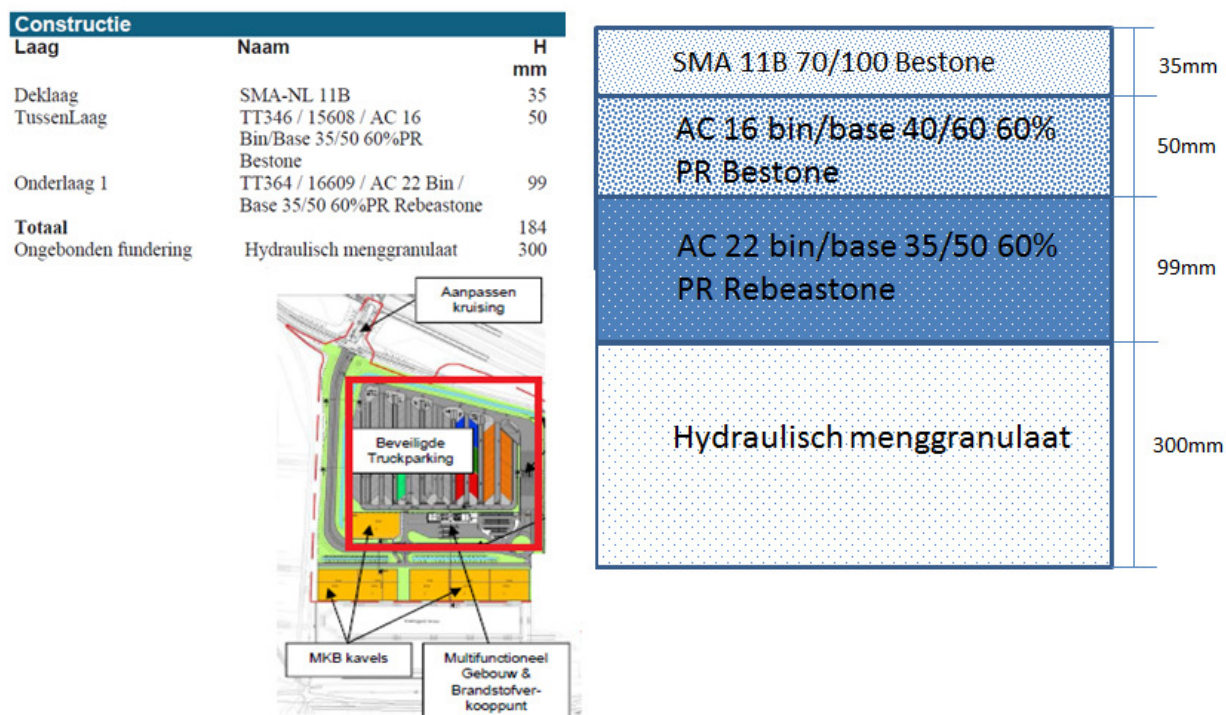
Geadviseerd wordt om de constructie uit variant 2 te gebruiken op Maasvlakte Plaza. Met deze constructie is het begrip kostenefficiëntie zo optimaal als mogelijk gemaakt.

Met deze constructie is een lage inschrijfprijs gewaarborgd en zijn de onderhoudskosten relatief laag. Door de lage kostprijs en de overige elementen welke kostenefficiëntie omvat is de kans tot aanneming van de tender met deze wegconstructie maximaal.

Tevens wordt aanbevolen om het Havenbedrijf Rotterdam te verzoeken om aanpassing en/of toevoeging aan de EMVI criteria. Dit omdat er met betrekking tot de wegconstructie totaal geen criteria zijn opgenomen. De wegconstructie op de tender is een zeer grote kostenpost van de totale aanbidding, en is daarbij belangrijk om het onderscheidende vermogen van BAM in te zetten.

Als het Havenbedrijf criteria voor de wegconstructie in de EMVI beoordeling toevoegt, is het mogelijk voor BAM hierin meer mogelijkheden aan te bieden. Denk hierbij aan de verschillende BAM asfaltmengsels welke gebruikt zouden kunnen worden. Deze verschillende mengsels kunnen toegepast worden voor diverse mogelijkheden en zouden goed kunnen scoren op de EMVI beoordeling. Hierbij zou de kans voor BAM om de tender aan te nemen alleen maar vergroot worden.

De aanbevolen variant is onderstaand weergegeven in een geïllustreerde schematische weergave. In het rood omcirkeld de locatie waar de verharding moet komen.



Afbeelding 8.1, Overzicht locatie wegconstructie, schematische weergave wegconstructie, omschrijving wegoopbouw.

Afkortingen

A

ARW 2012 - Aanbestedingsreglement Werken 2012

B

BAM - Bataafsche Aanneming Maatschappij

Bibeko - Binnen Bebouwde Kom

Bubeko - Buiten Bebouwde Kom

C

CROW - Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en
Wegenbouw en de Verkeerstechniek

D

DAB - Dicht Asphalt Beton

D&C - Design & Construct

E

EMVI - Economisch Meest Voordelige Inschrijving

G

GAB - Grind Asphalt Beton

GROAB - Grof Open Asphalt Beton

L

LEAB - Laag Energie Asphalt Beton

M

MCA - Multicriteria Analyse

O

OAB - Open Asphalt Beton

OIA - Ontwerpinstrumentarium Asphaltverhardingen

P

PAK	-	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
PVE	-	Programma van Eisen

S

SMA	-	Steenmastiek Asphalt
STAB	-	Steenslag Asphalt Beton

Z

ZOAB	-	Zeer Open Asphalt Beton
------	---	-------------------------

Literatuur

Websites:

- [1] www.bam.nl
Website van de Koninklijke Bam Groep N.V. met bedrijfsinformatie.
- [2] www.allesovermarktonderzoek.nl/onderzoeksproces
Site van 'Alles over Marktonderzoek' waarin informatie te vinden is over onderzoeksprocessen.
- [3] www.wegenwiki.nl/Gebiedsontsluitingsweg
Digitale encyclopedie voor wegenbouw.
- [4] www.pianoo.nl
Informatieve website met veel informatie over EMVI.
- [5] www.emvi.crow.nl/emvi-criteriabibliotheek/
Website van de CROW met informatie over EMVI.
- [6] <http://www.crow.nl/downloads/pdf/bijeenkomstencongressen/2012/infradaen/%28081%29-emvi-gunningcriteria.aspx>
Presentatie van een vertegenwoordiger van de CROW over EMVI
- [7] www.bodemrichtlijn.nl
Digitale kennisbank over bodem en grondsoorten.
- [8] www.asfaltblij.nl
Site Asfaltblij, onderdeel van Bouwend Nederland. Veel informatie over asfalt.
- [9] <http://nl.wikipedia.org/wiki/Asfalt>
- [10] <http://www.crow.nl/vakgebieden/infrastructuur/wegaanleg/oia>

Boeken, documenten en verslagen:

- [11] *Vraagspecificatie Havenbedrijf Rotterdam Maasvlakte Plaza*
Annex 1 uit de tender van het project Maasvlakte Plaza. Hierin staat de uitvraag van de tender vermeld.
- [12] *ASVV 2012, Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom.*
- [13] *Jaarverslag 2012 Koninklijke BAM Groep nv*
- [14] *Gunnen op waarde CROW Publicatie 253*
- [15] *Inschrijvingsleidraad Havenbedrijf Rotterdam Maasvlakte Plaza.*
De inschrijvingsleidraad van de tender Maasvlakte Plaza.
- [16] *Gebiedsontsluitingswegen Bibeko CROW publicatie 164C*

- [17] *Asfalt in wegen en waterbouw*, Vereniging tot Bevordering van Werken in Asfalt, Breukelen, 1996 negende druk.
- [18] *De Bosatlas van ondergronds Nederland*, Noordhoff Uitgevers B.V. , 2009.
- [19] *Asfalt in weg en waterbouw*, CROW publicatie 285
- [20] *Dimensioneren van betonsteenverhardingen voor wegen*, CROW
- [21] *Verhardingsontwerp en CE-Markering 2-Asfalt*, nr. 3 sept 2009-Bert THewessen Grontmij B.V
- [22] *Verhardingsontwerp 1-Asfalt*, nr. 2 juni 2009-Bert THewessen Grontmij B.V
- [23] *Handleiding voor het dimensioneren van wegen met een bitumineuze verharding*, Aanbevelingen O.C.W. – A 49/83, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw.

Basiscriteria wegontwerp CROW publicatie 164A

Het ontwerpen van een onderzoek, Piet Verschuren en Hans Doorewaard, Den Haag Boom, 2007.

Snel afstuderen! - stap voor stap naar een geslaagde scriptie, Pepijn Trietsch en Erik Feijen Bussum Coutinho, 2010. 1e druk tweede oplage.

Handleidingen:

- [24] *RWS Handleiding EMVI 2014, Sturend aanbesteden bij het gunnen op meerwaarde*. Rijkswaterstaat.
- [25] *Handleiding Ontwerpsysteem Asfaltverhardingen Ascon*, vierde editie tweede druk, Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde (RWS, DWW)
- [26] *Handleiding Ontwerp- en Herontwerpsysteem Asfaltverhardingen CARE*, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde (RWS, DWW)

Handleiding Wegenbouw - Ontwerp Verhardingen. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, vierde editie, december 1998

Bijlagen

- Bijlage 1: Overzicht asfalttypes in Nederland
- Bijlage 2: Innovatief asfalt
- Bijlage 3: Overzicht ongebonden, lichtgebonden en gebonden funderingen
- Bijlage 4: Onderbouwing MCA funderingen en MCA verhardingen
- Bijlage 5: Berekeningen varianten
- Bijlage 6: Begrotingen varianten
- Bijlage 7: Sondering bestaande ondergrond Maasvlakte Plaza
- Bijlage 8: Onderbouwing MCA kostenefficiëntie

Bijlage 1:

Overzicht asfalttypes in Nederland

	Nieuwe benaming	Kenmerken	Levensduur
Dicht Asfalt Beton (DAB)	AC 8 Surf AC 11 Surf AC 16 Surf	Traditionele en meest toegepaste deklaag. Niet waterdoorlatend dus veelgebruikt bij tankstations en industriegebieden.	Gemiddeld 17 jaar
Open Asfalt Beton (OAB)	AC 11 Bind AC 16 Bind AC 22 Bind	Mengsel dat als tussenlaag gebruikt word. Gevoelig voor spoorvorming en goed waterdoorlatend.	Gemiddeld 17 jaar
Zeer Open Asfalt Beton (ZOAB)	ZOAB 8 ZOAB 11 ZOAB 16	Voorziet meer dan 80 % van het autosnelwegennet. Voorkomt door de open structuur (waterdoorlatend) plasvorming. Spat- en stuifwater worden daardoor voorkomen waarmee het zicht voor de weggebruiker goed blijft. De geluidreductie (ten opzichte van dicht asfaltbeton) verhoogde de toepassing en stimuleerde de ontwikkeling van geluidarme wegdekken. Zoab is wel duurder dan dicht asfaltbeton en moet eerder worden vervangen.	8-20 jaar, Gemiddeld 11 jaar
Steenslag Asfalt Beton (STAB)	AC 16 Base AC 22 Base AC 32 Base	Mengsel dat als onder en tussenlaag gebruikt word. De geëiste korrelverdeling is minder streng. Het vormt nauwelijk door het gebruik van meer gebroken materialen waardoor het mengsel stabiel wordt.	Gemiddeld 20 jaar
Steenmastiek Asfalt (SMA)	SMA NL 5 SMA NL 8A SMA NL 8B SMA NL 11A SMA NL 11B	Geeft geen spoorvorming en heeft enige geluidsreductie. Zeer geschikt voor toepassing binnen de bebouwde kom.	Gemiddeld 20 jaar
Grindasfalt Beton (GAB)	AC 16 Base AC 32 Base	Grindasfaltbeton is bedoeld voor tussen-en/of onderlagen. Kenmerkend voor GAB is het gebruik van grind (ongebroken aggregaat) en het relatief lage bitumengehalte. Door de betrekkelijk lage inwendige wrijving is de weerstand tegen blijvende vervorming relatief laag.	Gemiddeld 20 jaar

Overzicht asfalttypes in Nederland[9]

Bijlage 2:

Omschrijving innovatieve asfaltmengsels van BAM en andere aannemers

Duurzaam

LEAB®

LEAB staat voor Laag Energie Asphalt Beton. Met het oog op een beter milieu en duurzaamheid is dit mengsel ontwikkeld. Wegens een innovatief schuimbitumenproces is BAM in staat dit asfalt te produceren bij 100 graden Celsius in plaats van bij 160 graden Celsius.

Door deze lagere temperaturen kost de productie en verwerking van het asfalt minder energie wat zorgt voor lagere emissie uitstoten. Concreet betekent dit dat er 30% minder CO2 uitstoot plaats vindt dan bij de productie van conventioneel asfalt.

Door de lage temperaturen koelt het asfalt ook sneller af en is het sneller te berijden door verkeer. Winst dus voor weggebruiker en wegbeheerder. LEAB mengsels bevatten tot 60% gerecycled asfalt en de LEAB is zelf ook volledig recyclebaar.



Technisch gezien zijn de stijfheid, watergevoeligheid en weerstand tegen vermoeiing en spoorvorming gevoeligheid gelijkwaardig aan conventionele asfaltmengsels. Tot heden word LEAB alleen gebruikt in onder- en tussen lagen in de asfaltconstructie. Toepassing in deklagen is nog in de testfase. Dit asfaltmengsel is voor duurzaamheid zeer aantrekkelijk.

Lynpave®

Lynpave® is een duurzaam asfaltproduct welke ontwikkeld is door meerdere aannemers. Deze aannemers zijn samenwerkend in het KCA(Kennis Centrum Asphalt). Het product is redelijk vergelijkbaar met LEAB. Dit asfalt wordt geproduceerd op lage temperatuur waardoor er diverse voordelen zijn: Vermindering CO2 uitstoot, besparing van grondstoffen en brandstofgebruik, hogere sterkte, hogere kwaliteit en optimaal herbruik. Daarnaast is er in dit mengsel minder bitumen benodigd omdat er hier lijnzaadolie als bindmiddel wordt gebruikt.



Greenway LE®

Greenway LE® is een asfaltproduct wat ontwikkeld is door aannemer Heijmans en met de toevoeging van bitumen ontwikkeld door Shell. In dit product wordt er 60% gerecycled asfalt toegepast en het mengsel wordt geproduceerd op lage temperatuur (105 graden celcius).

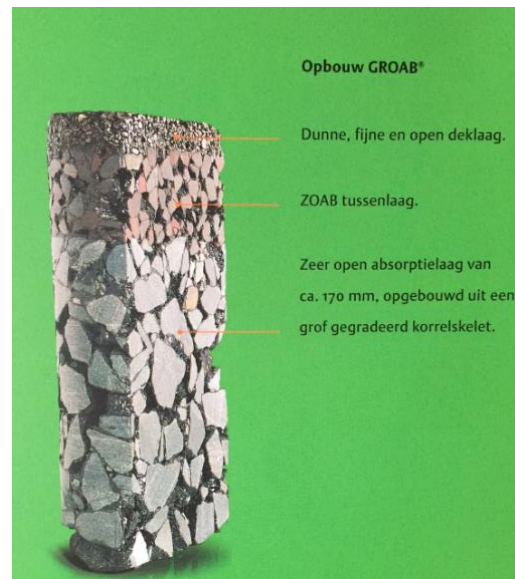
Hierdoor neemt dus ook de CO2 uitstoot af en is het mengsel zeer duurzaam te noemen.



Geluidsreducerend

GROAB®

GROAB staat voor Grof Open Asphalt Beton. Dit mengsel is ontwikkeld in onderzoek naar geluidsreductie op wegen. GROAB is een drielaags asfaltverharding welke bestaat uit een dunne, fijne en open deklaag, een ZOAB tussenlaag en een zeer open absorptielaag. Door de open structuur van de tussenlaag en de dikte van de absorptielaag wordt het geluid van het verkeer maximaal gereduceerd. Metingen uit een proefvak hebben aangetoond dat een reductie van 7,5 dB(A) ten opzichte van conventionele wegdekken realiseerbaar is. Dit mengsel is toepasbaar op gemeentelijke, provinciale en rijkswegen in stedelijke omgeving en stilte gebieden. Mengsel scoort goed op duurzaamheid in geluidsreductie.



Redufalt®

Redufalt is een hoogwaardige asfaltdeklaag die een hoge slijtvastheid koppelt aan een aanzienlijke geluidsreductie. Dankzij deze eigenschappen is Redufalt® bijzonder geschikt voor binnen de bebouwde kom en op provinciale wegen. Redufalt® kan een geluidsreductie behalen van ongeveer 3dB(A). Door de hoge slijtvastheid is het asfalt goed bestemd tegen wringend verkeer en zorgt dus voor een verhoogde levensduur.

Redufalt® is een asfaltbeton waarvan de samenstelling gebaseerd is op een steenmestiekasfalt (zoals eerder omschreven in tabel 3.5). Een hoog bindmiddelgehalte in het mengsel zorgt voor een lange levensduur. Wegens de vele holle ruimte is het mogelijk geluidsreductie te behalen. De bitumen in dit mengsel is een polymeer gemodificeerde bitumen waardoor het een onderhoudsarm mengsel is.

Redufalt®
Geluidsreductie en levensduur in één laag asfalt

Sterkte/Stijfheid

Kjellbase®

Kjellbase® is ontwikkeld voor asfaltconstructies waaraan hoge stabiliteitseisen worden gesteld. Het wordt toegepast als tussenlaag voor zwaarbelaste wegen. Zowel in nieuwe constructies als bij onderhoud aan bestaande constructies vormt Kjellbase® een goede oplossing voor spoorvorming. Onderzoek binnen BAM toont aan dat de hoge weerstand van dit mengsel niet of nauwelijks is te evenaren. Zelf niet door mengsels waarin een polymeer is gemodificeerd. In vergelijking tot conventionele asfaltmengsels kunnen de



besparingen oplopen tot 50%.

Het mengsel bestaat uit een grof steenskelet met een maximale korrelgrootte van 22mm. De holle ruimten tussen de stenen is hier gevuld met fijne mortel en conventionele bitumen. Dit maakt het ook geschikt voor hergebruik.

Flexcon®

Flexcon® is een deklaag welke speciaal is ontwikkeld voor zwaarbelaste verhardingen. De stabiele deklaag voorkomt spoorvorming bij zwaarbelaste wegdekken zoals opstelstroken, drukke kruispunten, truckparkings, vliegvelden en busstations. Flexcon® is een combideklaag wat betekent dat de laag bestaat uit een tweetal elementen. Eerst wordt de asfaltlaag machinaal aangebracht. Dit is een 4 tot 5 cm dikke ZOAB deklaag met circa 25% holle ruimte. Dit ZOAB wordt gevuld met een cement-kunststofmortel wat zorgt voor een hoge stijfheid van 13.000MPa. Hierdoor is de levensduur aanzienlijk langer dan traditionele asfalt deklagen.



Bijzonder

Rollpave®

Rollpave® is een asfalt die omschreven wordt als het eerste op- en afrolbare asfalt. Dit asfalt is ontwikkeld door aannemers Dura Verkeer en Intron. Dit asfalt is een circa 3cm dikke asfaltmat welke prefab gefabriceerd wordt en op grote haspels wordt opgerold, een haspel weegt ongeveer 17 ton. De onderliggende laag wordt gekleefd en verwarmd waar vervolgens de mat op over wordt afgerold. Door de warmte hecht te mat aan de onderlaag. Deze mat is ook weer op te rollen bij onderhoud. Deze techniek is zeer innovatief en ook een stuk duurder dan het aanbrengen van conventioneel asfalt. Momenteel wordt het nog gebruikt in proefvakken op het Nederlands wegdek. Deze manier van asfalteren is bijzonder goed bij uitvoeringsduur en geluidsreductie. De matten zijn redelijk snel aan te brengen en daarbij brengt het asfalt ook nog een hogere geluidsreductie met zich mee dan als bij ZOAB of asfaltbeton. Ook kunnen sommige wegmarkeringen al prefab worden aangebracht waardoor dit dus niet meer hoeft na het aanbrengen van het asfalt. In 2009 is de proef stop komen te liggen in verband met tegenvallende testresultaten. De manier van aanbrengen is wel goed en deze techniek wordt verder uitgewerkt.



Bijlage 3:

Overzicht ongebonden/licht gebonden/gebonden materialen en eigenschappen

Ongebonden en licht gebonden funderingen

Type fundering	Eigenschappen	Eenheid	Waarde
Menggranulaat	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	400
	Interne wrijvingshoek	°	40-50
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	$2 \cdot 10^{-6}$ tot $2 \cdot 10^{-7}$
	Weerstand tegen erosie	-	voldoende
	Verdicht in het werk	kg/m ³	1700-1900
Hydraulisch menggranulaat	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	600
	Interne wrijvingshoek	°	45-54
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	$2 \cdot 10^{-5}$ tot $3 \cdot 10^{-7}$
	Weerstand tegen erosie	-	voldoende
	Verdicht in het werk	kg/m ³	1700-1850
Hydraulisch betongranulaat	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	600
	Interne wrijvingshoek	°	40-50
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	circa 10^{-6}
	Weerstand tegen erosie	-	goed
	Verdicht in het werk	kg/m ³	1700-1850
Hoogovenslakmengsel	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	1000
	Interne wrijvingshoek	°	40-50
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	redelijk
	Weerstand tegen erosie	-	goed
	Verdicht in het werk	kg/m ³	1750-2050
Fosforslakmengsel	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	1000
	Interne wrijvingshoek	°	60
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	circa 10^{-5}
	Weerstand tegen erosie	-	ontwerpafhankelijk
	Verdicht in het werk	kg/m ³	2000
LD-staalslak	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	100
	Interne wrijvingshoek	°	45-50
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	groot
	Weerstand tegen erosie	-	goed
	Verdicht in het werk	kg/m ³	2100-2200
Zand	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	60-150
	Interne wrijvingshoek	°	30-35
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	10^{-6} tot 10^{-2}
	Weerstand tegen erosie	-	gevoelig
	Verdicht in het werk	kg/m ³	max circa 20%

Overzicht materiaaleigenschappen ongebonden/licht gebonden materialen [7]

Gebonden funderingen			
Type fundering	Eigenschappen	Eenheid	Waarde
Gebonden asfaltgranulaat	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	2000-4000
	Interne wrijvingshoek	°	niet bekend
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)		laag
	Weerstand tegen erosie	-	goed
	Verdicht in het werk	kg/m ³	1900-2050
Zandcement	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	1200-4000
	Interne wrijvingshoek	°	30-35
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	circa 10 ⁻⁸
	Weerstand tegen erosie	-	redelijk
	Verdicht in het werk	kg/m ³	2000-2150
Bitumineus Gebonden (asfalt)granulaat	Dynamische elasticiteitsmodules (stijfheid)	N/mm ²	1000-1500
	Interne wrijvingshoek	°	niet bekend
	Permeabiliteitscoëfficiënt (watertoelaatbaarheid)	m/s	laag
	Weerstand tegen erosie	-	goed
	Verdicht in het werk	kg/m ³	1900-2050

Overzicht materiaaleigenschappen gebonden materialen [7]

Bijlage 4:

- *Onderbouwing MCA funderingen*
- *Onderbouwing MCA verhardingen*

Onderbouwing MCA funderingen**extra handelingen**

product direct klaar voor aanbrengen	4
product moet gemengd worden	2

Directe herbruikbaarheid

direct toepasbaar	5
na extra handeling toepasbaar	3
eerst door breker heen	1

beschikbaarheid	altijd beschikbaar	5
	bijna altijd beschikbaar	3

draagkracht

>1000	Mpa	5 zeer goed
400-1000	Mpa	4 goed
200-400	Mpa	3 gemiddeld
100-200	Mpa	1 slecht

scheurgedrag/flexibiliteit

goed	5
gemiddeld	3
slecht	1

Bij < = goed

 $(\text{Norm-getal})/(\text{norm}/5)=$

Restwaarde (stortkosten)	€/ton	hoe duurder hoe slechter 30 = 1 ---score
menggranulaat	€ 4,50	4,25
h. menggranulaat	€ 4,50	4,25
betongranulaat	€ 5,00	4,17
zand	€ 6,00	4,00
hoogovenslakken	€ 25,00	0,83
cement. Agrac	€ 21,00	1,50
bitum. Agrac	€ 6,00	4,00
zandcement	€ 8,50	3,58

Onderbouwing MCA funderingen

Bij < = goed	hoe duurder hoe slechter		
(Norm-getal)/(norm/5)=	120=1		
Prijs			
	€/ton	scores	
menggranulaat	€ 6,00		4,75
h. menggranulaat	€ 6,50		4,73
betongranulaat	€ 7,00		4,71
h. betongranulaat	€ 7,50		4,69
zand	€ 10,00		4,58
hoogovenslakken	€ 14,00		4,42
cement. Agrac	€ 110,00		0,42
bitum. Agrac	€ 75,00		1,88
zandcement	€ 120,00		1,25

uitvoeringsduur	5=	100m2/uur aanbrengen			
	5=	220m2/uur verdichten			
formule					
Bij > = goed					
(Getal/norm)*5=		scores			
		productie			
		productie aanbr.	verd.	aanbr	verdicht
menggranulaat	85		210	4,25	4,772727
h. menggranulaat	85		210	4,25	4,772727
betongranulaat	85		210	4,25	4,772727
h. betongranulaat	85		210	4,25	4,772727
zand	95		160	4,75	3,636364
hoogovenslakken	80		210	4	4,772727
cement. Agrac	80		190	4	4,318182
bitum. Agrac	85		190	4,25	4,318182
zandcement	85		190	4,25	4,318182

Onderbouwing MCA funderingen

bereikbaarheid		150km afstand = norm (verst 5weg)	
<i>formule</i>			
Bij <= goed	Bij <= goed		
(Norm-getal)/(norm/10)=	menggranulaat(30km)	=	4
	(geldt ook voor andere granulaten)		
	hoogovenslakken(130km)	=	0,67
	zand(5km)	=	4,83
	AGRAC(30km)	=	4

Onderbouwing MCA verhardingen

Onderhoudsgemak	5overlagen constructie 3gedeelte constructie vervangen 1 hele constructie vervangen
-----------------	---

Levensduur	5beton 40 jaar 3asfalt 24 jaar 1elementen 10 jaar
------------	---

Spoorvorming gevoeligheid	5beton 3asfalt 1elementen
---------------------------	---------------------------------

€	1duurst 3gemiddeld 5goedkoop
---	------------------------------------

Herbruikbaarheid	5na vrijkomen direct te hergebruiken na kleine handeling 3toepassen extra handeling tbv hergebruik 1breken en opnieuw vormgeven
------------------	---

Vormvastheid	5Goed 3Gemiddeld 1Slecht
--------------	--------------------------------

Snel berijdbaar	5binnen 2 uur 3na een dag 1na 2 weken
-----------------	---

Bijlage 5:

Berekeningen varianten 1 t/m 8

In de berekeningsresultaten staan op het eerste blad per variant onderstaande factoren vermeld.

H mm	E MPa	Ss	Sf
35	3.000	1,000	1,000
50	9.158	1,000	1,000
64	7.422	1,000	1,000

Hierin is:

H= Hoogte constructielaag

E= Elasticiteitsmodules

Ss=Shift factor (stijfheid)

Sf=Vermoeiingsfactor

Berekening CROW basis referentiemengsel

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

Deklaag: SMA 11B 70/100 Bestone
Tussenlaag: AC 16 bin/base 35/50 60% PR rebeastone
Onderlaag: AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone
Fundering: Hydraulisch menggranulaat

Berekeningresultaat

Naam berekening MVP 2
Levensduur Berekend 40 jaar.

Constructie

Laag	Naam	H mm	E MPa	Ss	Sf
Onderlaag 1	CROW-referentiemengsel	227	5.538	1,000	1,000
Totaal		227	5.538		
Ongebonden fundering	Hydraulisch menggranulaat	300	600		
Ondergrond	Zand	-	100		

Schade Criterium %

Onderlaag 1	CROW-referentiemengsel	100	Vermoeiing onderin
Ongebonden fundering	Hydraulisch menggranulaat	-	
Ondergrond	Zand	2	Vervorming bovenop

Berekeningdetails

Constructielagen

Algemeen

Gefaseerd ontwerp
Bereken dikte van de laag



Onderlaag1

Constructielagen

Onderlaag 1	227 mm	[HUIDIG] CROW-referentiemengsel (S: 7500; ε ₆ : 100; f _c : 0; ITSR: 80; HR: 4,0)
Totaal	227 mm	
Ongebonden fundering	300 mm	[HUIDIG] Hydraulisch menggranulaat (S: 600)
Ondergrond	- mm	[HUIDIG] Zand (S: 100)

Verkeer

Verkeersbelasting

Ontwerpperiode	40,0 jaar	Aantal rijstroken per rijrichting	1
Aantal werkdagen per jaar	365	Rijstrookbreedte	3,50 m
Snelheid vrachtverkeer	30 km/u	Afst. kantstreep tot rand verhard.	0,50 m

Aslastspectrum

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	20,16
40-60	50	30,56
60-80	70	26,06
80-100	90	12,54
100-120	110	6,51
120-140	130	2,71
140-160	150	1,00
160-180	170	0,31
180-220	190	0,12
200-220	210	0,03

Bandenspectrum

Band	%
EL	22,00
DL	38,00
BB	40,00
SB	0,00

Verkeersintensiteit

Herkomst verkeersbelasting

Schatting

Fase 1

Aantal motorvoertuigen per dag per richting	250	mvt/dag/ri
Percentage vrachtverkeer	100	%
Aantal vrachtauto's per dag per richting	250	vrw/dag/ri
Jaarlijke groei	0	%

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
Capillaire stijghoogte	0,00 m
Restzetting	0,00 m
Droogleggingsdiepte	0,00 m
Vorstindringingsdiepte	0,00 m

Ontwerpinstellingen

Betrouwbaarheid	85 %	Vermoeiing onder in asfalt	☒
Toelaatbaar schadepercentage	15 %	Verbrijzeling boven in fundering	☒
Ontwerpmode	Standaard	Brek 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	25	19	24	24
40-60	50	39	31	39	39
60-80	70	53	43	52	53
80-100	90	65	54	65	66
100-120	110	77	66	77	78
120-140	130	89	77	89	90
140-160	150	101	88	100	101
160-180	170	112	99	110	112
180-220	190	123	110	121	123
200-220	210	135	120	131	133

Toetsen

Details van de constructielagen

Onderlaag 1

Naam	CROW-referentiemengsel	Herkomst gegevens	RWS-DVS Specificaties Ontwerp Verhardingen dec 2011
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 16	Toepasbaar als deklaag	☒
Minimum laagdikte	1 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☒
Maximum laagdikte	90 mm	Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,541052131	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	5,7 %	Holle ruimte	4,0 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	0,0
Stijfheidsmodulus (50%)	7.500 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	100 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	39,176585	Vermoeiingscoëfficiënt C4	-0,995008
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,216957
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	4,00

Ongebonden fundering

Naam	Hydraulisch menggranulaat	Herkomst gegevens
Stijfheidsmodulus	600 MPa	Poissongetal
Toelaatbare buigtrekspanning	128 KPa	Zelfbindende fundering

0,35



Ondergrond

Naam	Zand	Herkomst gegevens
Stijfheidsmodulus	100 MPa	Poissongetal

0,35

Berekening variant 1

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

Deklaag: SMA 11B 70/100 Bestone
Tussenlaag: Kjellfalt 16 bin 35/50 Bestone
Onderlaag: AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone
Fundering: Hydraulisch menggranulaat

Berekeningresultaat

Naam berekening MVP 1
Levensduur Berekend 42 jaar.

Constructie

Laag	Naam	H mm	E MPa	Ss	Sf
Deklaag	SMA-NL 11B	35	3.000	1,000	1,000
TussenLaag	TT174 / 75035 / Kjellfalt 16 Bin 35/50 Bestone	50	9.158	1,000	1,000
Onderlaag 1	TT386 / 16580 / AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone	64	7.422	1,000	1,000
Totaal		149	5.473		
Ongebonden fundering	Hydraulisch menggranulaat	300	600		
Ondergrond	Zand	-	100		

Schade Criterium
%

Deklaag	SMA-NL 11B	0 Vermoeiing onderin
TussenLaag	TT174 / 75035 / Kjellfalt 16 Bin 35/50 Bestone	0 Vermoeiing onderin
Onderlaag 1	TT386 / 16580 / AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone	100 Vermoeiing onderin
Ongebonden fundering	Hydraulisch menggranulaat	-
Ondergrond	Zand	12 Vervorming bovenop

Berekeningdetails

Constructielagen

Algemeen

Gefaseerd ontwerp
Bereken dikte van de laag



Onderlaag1

Constructielagen

Deklaag	35 mm	[HUIDIG] SMA-NL 11B (S: -; ITSr: 80; B: 6,6)
Tussenlaag	50 mm	[HUIDIG] TT174 / 75035 / Kjellfalt 16 Bin 35/50 Bestone (S: 11346; ε6: 118; fc: 0,1; ITSr: 94; HR: 1,7)
Onderlaag 1	64 mm	[HUIDIG] TT386 / 16580 / AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone (S: 9439; ε6: 140; fc: 0,2; ITSr: 76; HR: 4,4)
Totaal	149 mm	
Ongebonden fundering	300 mm	[HUIDIG] Hydraulisch menggranulaat (S: 600)
Ondergrond	- mm	[HUIDIG] Zand (S: 100)

Verkeer

Verkeersbelasting

Ontwerpperiode	40,0 jaar	Aantal rijstroken per rijrichting	1
Aantal werkdagen per jaar	365	Rijstrookbreedte	3,50 m
Snelheid vrachtverkeer	30 km/u	Afst. kantstreep tot rand verhard.	0,50 m

Aslastspectrum

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	20,16
40-60	50	30,56
60-80	70	26,06
80-100	90	12,54
100-120	110	6,51
120-140	130	2,71
140-160	150	1,00
160-180	170	0,31
180-220	190	0,12
200-220	210	0,03

Bandenspectrum

Band	%
EL	22,00
DL	38,00
BB	40,00
SB	0,00

Verkeersintensiteit

Herkomst verkeersbelasting

Schatting Fase 1

Aantal motorvoertuigen per dag per richting	250	mvt/dag/ri
Percentage vrachtverkeer	100	%
Aantal vrachtauto's per dag per richting	250	vrw/dag/ri
Jaarlijke groei	0	%

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
Capillaire stijghoogte	0,00 m
Restzetting	0,00 m
Droogleggingsdiepte	0,00 m
Vorstindringingsdiepte	0,00 m

Ontwerpinstellingen

Betrouwbaarheid	85 %	Vermoeiing onder in asfalt	☒
Toelaatbaar schadepercentage	15 %	Verbrijzeling boven in fundering	☒
Ontwerpmode	Standaard	Brek 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	40	26	39	40
40-60	50	62	43	61	62
60-80	70	80	59	80	81
80-100	90	97	75	97	99
100-120	110	113	91	112	115
120-140	130	128	106	127	130
140-160	150	143	121	141	144
160-180	170	158	136	154	158
180-220	190	172	150	167	171
200-220	210	187	164	180	184

Toetsen

Asfalteigenschappen: Tussenlaag

- De stijfheidsmodulus is hoger dan 11000 MPa.

Details van de constructielagen

Deklaag

Naam	SMA-NL 11B	Herkomst gegevens	
Type/Korrel/Toevoeging	SMA - 11 B	Toepasbaar als deklaag	☒
Minimum laagdikte	30 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☐
Maximum laagdikte	60 mm	Toepasbaar als onderlaag	☐
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	0,0 Hz	C-getal	0 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C3	0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	6,6 %	Holle ruimte	0,0 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	0,0
Stijfheidsmodulus (50%)	0 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	0 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	0	Vermoeiingscoëfficiënt C4	0
Vermoeiingscoëfficiënt C2	0	Vermoeiingscoëfficiënt C5	0
Vermoeiingscoëfficiënt C3	0	Healingfactor	0,00

TussenLaag

Naam	TT174 / 75035 / Kjellfalt 16		Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
	Bin 35/50 Bestone			
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 16	Toepasbaar als deklaag	☐	
Minimum laagdikte	35 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☒	
Maximum laagdikte	70 mm	Toepasbaar als onderlaag	☐	
Stijfheid				
Poissongetal	0,35			
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K	
Stijfheidscoëfficiënt C1	10,023664000	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345	
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000	
CE-gegevens				
Bitumengehalte	5,8 %	Holle ruimte	1,7 %	
ITSR	94 %	Weerstand permanente vervorming	0,1	
Stijfheidsmodulus (50%)	11.346 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	118 µm/m	
Vermoeiing				
Vermoeiingscoëfficiënt C1	95,052074	Vermoeiingscoëfficiënt C4	19,457017	
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,081062	
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	1,00	

Onderlaag 1

Naam	TT386 / 16580 / AC 22		Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
	Bin/Base 40/100-65 50%PR			
	Bestone			
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 22	Toepasbaar als deklaag	☐	
Minimum laagdikte	50 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☒	
Maximum laagdikte	90 mm	Toepasbaar als onderlaag	☒	
Stijfheid				
Poissongetal	0,35			
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K	
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,813476000	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345	
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000	
CE-gegevens				
Bitumengehalte	0,0 %	Holle ruimte	4,4 %	
ITSR	76 %	Weerstand permanente vervorming	0,2	
Stijfheidsmodulus (50%)	9.439 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	140 µm/m	
Vermoeiing				
Vermoeiingscoëfficiënt C1	67,716577	Vermoeiingscoëfficiënt C4	-0,155631	
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,361131	
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	1,00	

Ongebonden fundering

Naam	Hydraulisch menggranulaat	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	600 MPa	Poissongetal	0,35
Toelaatbare buigtrekspanning	128 KPa	Zelfbindende fundering	☐

Ondergrond

Naam	Zand	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	100 MPa	Poissongetal	0,35

Berekening variant 2

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

Deklaag: SMA 11B 70/100 Bestone
Tussenlaag: AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone
Onderlaag: AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone
Fundering: Hydraulisch menggranulaat

Berekeningresultaat

Naam berekening MVP 2
Levensduur Berekend 41 jaar.

Constructie

Laag	Naam	H mm	E MPa	Ss	Sf
Deklaag	SMA-NL 11B	35	3.000	1,000	1,000
TussenLaag	TT346 / 15608 / AC 16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone	50	7.466	1,000	1,000
Onderlaag 1	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	99	7.550	1,000	1,000
Totaal		184	5.580		
Ongebonden fundering	Hydraulisch menggranulaat	300	600		
Ondergrond	Zand	-	100		

Schade Criterium
%

Deklaag	SMA-NL 11B	0 Vermoeiing onderin
TussenLaag	TT346 / 15608 / AC 16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone	0 Vermoeiing onderin
Onderlaag 1	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	100 Vermoeiing onderin
Ongebonden fundering	Hydraulisch menggranulaat	-
Ondergrond	Zand	5 Vervorming bovenop

Berekeningdetails

Constructielagen

Algemeen

Gefaseerd ontwerp
Bereken dikte van de laag



Onderlaag1

Constructielagen

Deklaag	35 mm	[HUIDIG] SMA-NL 11B (S: -; ITSr: 80; B: 6,6)
TussenLaag	50 mm	[HUIDIG] TT346 / 15608 / AC 16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone (S: 9562; ε6: 108; fc: 0,2; ITSr: 80; HR: 4,6)
Onderlaag 1	99 mm	[HUIDIG] TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone (S: 9670; ε6: 111; fc: 0,4; ITSr: 95; HR: 4,2)
Totaal	184 mm	
Ongebonden fundering	300 mm	[HUIDIG] Hydraulisch menggranulaat (S: 600)
Ondergrond	- mm	[HUIDIG] Zand (S: 100)

Verkeer

Verkeersbelasting

Ontwerpperiode	40,0 jaar	Aantal rijstroken per rijrichting	1
Aantal werkdagen per jaar	365	Rijstrookbreedte	3,50 m
Snelheid vrachtverkeer	30 km/u	Afst. kantstreep tot rand verhard.	0,50 m

Aslastspectrum

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	20,16
40-60	50	30,56
60-80	70	26,06
80-100	90	12,54
100-120	110	6,51
120-140	130	2,71
140-160	150	1,00
160-180	170	0,31
180-220	190	0,12
200-220	210	0,03

Bandenspectrum

Band	%
EL	22,00
DL	38,00
BB	40,00
SB	0,00

Verkeersintensiteit

Herkomst verkeersbelasting

Schatting Fase 1

Aantal motorvoertuigen per dag per richting	250	mvt/dag/ri
Percentage vrachtverkeer	100	%
Aantal vrachtauto's per dag per richting	250	vrw/dag/ri
Jaarlijke groei	0	%

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
Capillaire stijghoogte	0,00 m
Restzetting	0,00 m
Droogleggingsdiepte	0,00 m
Vorstindringingsdiepte	0,00 m

Ontwerpinstellingen

Betrouwbaarheid	85 %	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	30	21	30	30
40-60	50	47	35	47	47
60-80	70	62	48	62	63
80-100	90	76	61	76	77
100-120	110	90	74	89	91
120-140	130	103	87	102	104
140-160	150	115	99	114	116
160-180	170	128	111	125	128
180-220	190	140	123	137	139
200-220	210	153	135	148	150

Toetsen

Details van de constructielagen

Deklaag

Naam	SMA-NL 11B	Herkomst gegevens	
Type/Korrel/Toevoeging	SMA - 11 B	Toepasbaar als deklaag	☒
Minimum laagdikte	30 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☐
Maximum laagdikte	60 mm	Toepasbaar als onderlaag	☐
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	0,0 Hz	C-getal	0 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C3	0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	6,6 %	Holle ruimte	0,0 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	0,0
Stijfheidsmodulus (50%)	0 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	0 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	0	Vermoeiingscoëfficiënt C4	0
Vermoeiingscoëfficiënt C2	0	Vermoeiingscoëfficiënt C5	0
Vermoeiingscoëfficiënt C3	0	Healingfactor	0,00

TussenLaag

Naam	TT346 / 15608 / AC 16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone	Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 16	Toepasbaar als deklaag	☐
Minimum laagdikte	35 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☒
Maximum laagdikte	70 mm	Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,828517000	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	0,0 %	Holle ruimte	4,6 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	0,2
Stijfheidsmodulus (50%)	9.562 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	108 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	88,727065	Vermoeiingscoëfficiënt C4	18,337815
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,081062
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	2,28

Onderlaag 1

Naam	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 22	Toepasbaar als deklaag	☐
Minimum laagdikte	50 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☒
Maximum laagdikte	90 mm	Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,839658000	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	0,0 %	Holle ruimte	4,2 %
ITSR	95 %	Weerstand permanente vervorming	0,4
Stijfheidsmodulus (50%)	9.670 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	111 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	35,118194	Vermoeiingscoëfficiënt C4	-4,373705
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,355637
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	2,19

Ongebonden fundering

Naam	Hydraulisch menggranulaat	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	600 MPa	Poissongetal	0,35
Toelaatbare buigtrekspanning	128 KPa	Zelfbindende fundering	☐

Ondergrond

Naam	Zand	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	100 MPa	Poissongetal	0,35

Berekening variant 3

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

Deklaag: SMA 11B 70/100 Bestone
Tussenlaag: AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone
Onderlaag: AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone
Fundering: Zand

Berekeningresultaat

Naam berekening MVP 3
Levensduur Berekend 41 jaar.

Constructie

Laag	Naam	H mm	E MPa	Ss	Sf
Deklaag	SMA-NL 11B	35	3.000	1,000	1,000
TussenLaag	TT346 / 15608 / AC 16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone	50	7.338	1,000	1,000
Onderlaag 2	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	80	7.420	1,000	1,000
Onderlaag 1	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	85	7.420	1,000	1,000
Totaal		250	5.891		
Ondergrond	Zand	-	100		

Schade Criterium
%

Deklaag	SMA-NL 11B	0 Vermoeiing onderin
TussenLaag	TT346 / 15608 / AC 16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone	0 Vermoeiing onderin
Onderlaag 2	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	0 Vermoeiing onderin
Onderlaag 1	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	100 Vermoeiing onderin
Ondergrond	Zand	15 Vervorming bovenop

Berekeningdetails

Constructielagen

Algemeen

Gefaseerd ontwerp
Bereken dikte van de laag



Onderlaag1

Constructielagen

Deklaag	35 mm	[HUIDIG] SMA-NL 11B (S: -; ITSr: 80; B: 6,6)
TussenLaag	50 mm	[HUIDIG] TT346 / 15608 / AC 16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone (S: 9562; ϵ_6 : 108; fc: 0,2; ITSr: 80; HR: 4,6)
Onderlaag 2	80 mm	[HUIDIG] TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone (S: 9670; ϵ_6 : 111; fc: 0,4; ITSr: 95; HR: 4,2)
Onderlaag 1	85 mm	[HUIDIG] TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone (S: 9670; ϵ_6 : 111; fc: 0,4; ITSr: 95; HR: 4,2)
Totaal	250 mm	
Ondergrond	- mm	[HUIDIG] Zand (S: 100)

Verkeer

Verkeersbelasting

Ontwerpperiode	40,0 jaar
Aantal werkdagen per jaar	365
Snelheid vrachtverkeer	30 km/u

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

Aslastspectrum

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	20,16
40-60	50	30,56
60-80	70	26,06
80-100	90	12,54
100-120	110	6,51
120-140	130	2,71
140-160	150	1,00
160-180	170	0,31
180-220	190	0,12
200-220	210	0,03

Bandenspectrum

Band	%
EL	22,00
DL	38,00
BB	40,00
SB	0,00

Verkeersintensiteit

Herkomst verkeersbelasting

Schatting Fase 1

Aantal motorvoertuigen per dag per richting	250	mvt/dag/ri
Percentage vrachtverkeer	100	%
Aantal vrachtauto's per dag per richting	250	vrw/dag/ri
Jaarlijke groei	0	%

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
Capillaire stijghoogte	0,00 m
Restzetting	0,00 m
Droogleggingsdiepte	0,00 m
Vorstindringingsdiepte	0,00 m

Ontwerpinstellingen

Betrouwbaarheid	85 %	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	26	22	26	26
40-60	50	42	36	42	42
60-80	70	58	50	57	58
80-100	90	72	64	72	73
100-120	110	87	77	86	87
120-140	130	100	90	100	101
140-160	150	114	104	113	115
160-180	170	128	117	127	128
180-220	190	141	130	140	141
200-220	210	155	143	152	154

Toetsen

Details van de constructielagen

Deklaag

Naam	SMA-NL 11B	Herkomst gegevens	
Type/Korrel/Toevoeging	SMA - 11 B	Toepasbaar als deklaag	☒
Minimum laagdikte	30 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☐
Maximum laagdikte	60 mm	Toepasbaar als onderlaag	☐
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	0,0 Hz	C-getal	0 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C3	0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	6,6 %	Holle ruimte	0,0 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	0,0
Stijfheidsmodulus (50%)	0 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	0 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	0	Vermoeiingscoëfficiënt C4	0
Vermoeiingscoëfficiënt C2	0	Vermoeiingscoëfficiënt C5	0
Vermoeiingscoëfficiënt C3	0	Healingfactor	0,00

TussenLaag

Naam	TT346 / 15608 / AC 16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone		Herkomst gegevens	BAM (2014-01)	
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 16		Toepasbaar als deklaag	☐	
Minimum laagdikte	35 mm		Toepasbaar als tussenlaag	☒	
Maximum laagdikte	70 mm		Toepasbaar als onderlaag	☒	
Stijfheid					
Poissongetal	0,35		C-getal	11.242 °K	
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz		Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345	
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,828517000		Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000	
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189				
CE-gegevens					
Bitumengehalte	0,0 %		Holle ruimte	4,6 %	
ITSR	80 %		Weerstand permanente vervorming	0,2	
Stijfheidsmodulus (50%)	9.562 MPa		Weerstand vermoeiing (50%)	108 µm/m	
Vermoeiing					
Vermoeiingscoëfficiënt C1	88,727065		Vermoeiingscoëfficiënt C4	18,337815	
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449		Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,081062	
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363		Healingfactor	2,28	

Onderlaag 2

Naam	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone		Herkomst gegevens	BAM (2014-01)	
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 22		Toepasbaar als deklaag	☐	
Minimum laagdikte	50 mm		Toepasbaar als tussenlaag	☒	
Maximum laagdikte	90 mm		Toepasbaar als onderlaag	☒	
Stijfheid					
Poissongetal	0,35		C-getal	11.242 °K	
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz		Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345	
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,839658000		Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000	
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189				
CE-gegevens					
Bitumengehalte	0,0 %		Holle ruimte	4,2 %	
ITSR	95 %		Weerstand permanente vervorming	0,4	
Stijfheidsmodulus (50%)	9.670 MPa		Weerstand vermoeiing (50%)	111 µm/m	
Vermoeiing					
Vermoeiingscoëfficiënt C1	35,118194		Vermoeiingscoëfficiënt C4	-4,373705	
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449		Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,355637	
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363		Healingfactor	2,19	

Onderlaag 1

Naam	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone		Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 22		Toepasbaar als deklaag	☐
Minimum laagdikte	50 mm		Toepasbaar als tussenlaag	☒
Maximum laagdikte	90 mm		Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid				
Poissongetal	0,35		C-getal	11.242 °K
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz		Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,839658000		Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189			
CE-gegevens				
Bitumengehalte	0,0 %		Holle ruimte	4,2 %
ITSR	95 %		Weerstand permanente vervorming	0,4
Stijfheidsmodulus (50%)	9.670 MPa		Weerstand vermoeiing (50%)	111 µm/m
Vermoeiing				
Vermoeiingscoëfficiënt C1	35,118194		Vermoeiingscoëfficiënt C4	-4,373705
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449		Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,355637
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363		Healingfactor	2,19

Ondergrond

Naam	Zand	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	100 MPa	Poissongetal	0,35

Berekening variant 4

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

Deklaag: SMA 11B 70/100 Bestone
Tussenlaag: AC 16 bind/base 50% PR Styrelf 40/100-65 A AP Bestone
Onderlaag: AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone
Fundering: Menggranulaat

Berekeningresultaat

Naam berekening MVP 4
Levensduur Berekend 41 jaar.

Constructie

Laag	Naam	H mm	E MPa	Ss	Sf
Deklaag	SMA-NL 11B	35	3.000	1,000	1,000
TussenLaag	TT341 / 15580 / AC 16 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone	50	5.995	1,000	1,000
Onderlaag 1	TT386 / 16580 / AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone	91	7.370	1,000	1,000
Totaal		176	5.182		
Ongebonden fundering	Menggranulaat	300	400		
Ondergrond	Zand	-	100		

Schade Criterium
%

Deklaag	SMA-NL 11B	0 Vermoeiing onderin
TussenLaag	TT341 / 15580 / AC 16 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone	0 Vermoeiing onderin
Onderlaag 1	TT386 / 16580 / AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone	100 Vermoeiing onderin
Ongebonden fundering	Menggranulaat	-
Ondergrond	Zand	10 Vervorming bovenop

Berekeningdetails

Constructielagen

Algemeen

Gefaseerd ontwerp
Bereken dikte van de laag



Onderlaag1

Constructielagen

Deklaag	35 mm	[HUIDIG] SMA-NL 11B (S: -; ITSr: 80; B: 6,6)
TussenLaag	50 mm	[HUIDIG] TT341 / 15580 / AC 16 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone (S: 7917; ϵ_6 : 130; fc: 0,2; ITSr: 91; HR: 4,4)
Onderlaag 1	91 mm	[HUIDIG] TT386 / 16580 / AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone (S: 9439; ϵ_6 : 140; fc: 0,2; ITSr: 76; HR: 4,4)
Totaal	176 mm	
Ongebonden fundering	300 mm	[HUIDIG] Menggranulaat (S: 400)
Ondergrond	- mm	[HUIDIG] Zand (S: 100)

Verkeer

Verkeersbelasting

Ontwerpperiode	40,0 jaar	Aantal rijstroken per rijrichting	1
Aantal werkdagen per jaar	365	Rijstrookbreedte	3,50 m
Snelheid vrachtverkeer	30 km/u	Afst. kantstreep tot rand verhard.	0,50 m

Aslastspectrum

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	20,16
40-60	50	30,56
60-80	70	26,06
80-100	90	12,54
100-120	110	6,51
120-140	130	2,71
140-160	150	1,00
160-180	170	0,31
180-220	190	0,12
200-220	210	0,03

Bandenspectrum

Band	%
EL	22,00
DL	38,00
BB	40,00
SB	0,00

Verkeersintensiteit

Herkomst verkeersbelasting

Schatting Fase 1

Aantal motorvoertuigen per dag per richting	250	mvt/dag/ri
Percentage vrachtverkeer	100	%
Aantal vrachtauto's per dag per richting	250	vrw/dag/ri
Jaarlijke groei	0	%

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
Capillaire stijghoogte	0,00 m
Restzetting	0,00 m
Droogleggingsdiepte	0,00 m
Vorstindringingsdiepte	0,00 m

Ontwerpinstellingen

Betrouwbaarheid	85 %	Vermoeiing onder in asfalt	☒
Toelaatbaar schadepercentage	15 %	Verbrijzeling boven in fundering	☒
Ontwerpmode	Standaard	Break 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	38	26	37	37
40-60	50	59	44	58	59
60-80	70	78	60	77	78
80-100	90	95	77	95	96
100-120	110	112	93	111	113
120-140	130	128	108	127	129
140-160	150	144	124	142	144
160-180	170	159	139	156	159
180-220	190	175	154	170	173
200-220	210	190	168	184	187

Toetsen

Details van de constructielagen

Deklaag

Naam	SMA-NL 11B	Herkomst gegevens	
Type/Korrel/Toevoeging	SMA - 11 B	Toepasbaar als deklaag	☒
Minimum laagdikte	30 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☐
Maximum laagdikte	60 mm	Toepasbaar als onderlaag	☐
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	0,0 Hz	C-getal	0 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C3	0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	6,6 %	Holle ruimte	0,0 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	0,0
Stijfheidsmodulus (50%)	0 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	0 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	0	Vermoeiingscoëfficiënt C4	0
Vermoeiingscoëfficiënt C2	0	Vermoeiingscoëfficiënt C5	0
Vermoeiingscoëfficiënt C3	0	Healingfactor	0,00

TussenLaag

Naam	TT341 / 15580 / AC 16	Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
	Bin/Base 40/100-65 50%PR		
	Bestone		
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 16	Toepasbaar als deklaag	☐
Minimum laagdikte	35 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☒
Maximum laagdikte	70 mm	Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,606886000	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	0,0 %	Holle ruimte	4,4 %
ITSR	91 %	Weerstand permanente vervorming	0,2
Stijfheidsmodulus (50%)	7.917 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	130 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	52,607319	Vermoeiingscoëfficiënt C4	0,894376
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,225241
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	1,00

Onderlaag 1

Naam	TT386 / 16580 / AC 22	Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
	Bin/Base 40/100-65 50%PR		
	Bestone		
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 22	Toepasbaar als deklaag	☐
Minimum laagdikte	50 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☒
Maximum laagdikte	90 mm	Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,813476000	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	0,0 %	Holle ruimte	4,4 %
ITSR	76 %	Weerstand permanente vervorming	0,2
Stijfheidsmodulus (50%)	9.439 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	140 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	67,716577	Vermoeiingscoëfficiënt C4	-0,155631
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,361131
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	1,00

Ongebonden fundering

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

Ondergrond

Naam	Zand	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	100 MPa	Poissongetal	0,35

Berekening variant 5

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

Deklaag: SMA 11B 70/100 Bestone
Onderlaag: AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone
Fundering: Hoogovenslakken

Berekeningresultaat

Naam berekening MVP 5
Levensduur Berekend 41 jaar.

Constructie

Laag	Naam	H mm	E MPa	Ss	Sf
Deklaag	SMA-NL 11B	35	3.000	1,000	1,000
Onderlaag 1	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	104	7.639	1,000	1,000
Totaal		139	5.249		
Ongebonden fundering	Hydraulisch gebonden hoogovenslakken	300	1.000		
Ondergrond	Zand	-	100		

Schade Criterium

		%	
Deklaag	SMA-NL 11B	0	Vermoeiing onderin
Onderlaag 1	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	100	Vermoeiing onderin
Ongebonden fundering	Hydraulisch gebonden hoogovenslakken	-	
Ondergrond	Zand	8	Vervorming bovenop

Berekeningdetails

Constructielagen

Algemeen

Gefaseerd ontwerp
Bereken dikte van de laag



Onderlaag1

Constructielagen

Deklaag	35 mm	[HUIDIG] SMA-NL 11B (S: -; ITSr: 80; B: 6,6)
Onderlaag 1	104 mm	[HUIDIG] TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone (S: 9670; ε ₆ : 111; f _c : 0,4; ITSr: 95; HR: 4,2)
Totaal	139 mm	
Ongebonden fundering	300 mm	[HUIDIG] Hydraulisch gebonden hoogovenslakken (S: 1000)
Ondergrond	- mm	[HUIDIG] Zand (S: 100)

Verkeer

Verkeersbelasting

Ontwerpperiode	40,0 jaar	Aantal rijstroken per rijrichting	1
Aantal werkdagen per jaar	365	Rijstrookbreedte	3,50 m
Snelheid vrachtverkeer	30 km/u	Afst. kantstreep tot rand verhard.	0,50 m

Aslastspectrum

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	20,16
40-60	50	30,56
60-80	70	26,06
80-100	90	12,54
100-120	110	6,51
120-140	130	2,71
140-160	150	1,00
160-180	170	0,31
180-220	190	0,12
200-220	210	0,03

Bandenspectrum

Band	%
EL	22,00
DL	38,00
BB	40,00
SB	0,00

Verkeersintensiteit

Herkomst verkeersbelasting

Schatting

Fase 1

Aantal motorvoertuigen per dag per richting	250	mvt/dag/ri
Percentage vrachtverkeer	100	%
Aantal vrachtauto's per dag per richting	250	vrw/dag/ri
Jaarlijkse groei	0	%

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
Capillaire stijghoogte	0,00 m
Restzetting	0,00 m
Droogleggingsdiepte	0,00 m
Vorstindringingsdiepte	0,00 m

Ontwerpinstellingen

Betrouwbaarheid	85 %	Vermoeiing onder in asfalt	☒
Toelaatbaar schadepercentage	15 %	Verbrijzeling boven in fundering	☒
Ontwerpmode	Standaard	Brek 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	35	20	34	34
40-60	50	53	34	52	52
60-80	70	67	46	66	68
80-100	90	80	59	79	81
100-120	110	92	71	91	93
120-140	130	103	82	102	105
140-160	150	114	94	111	115
160-180	170	125	105	121	125
180-220	190	135	116	130	134
200-220	210	146	126	139	143

Toetsen

Details van de constructielagen

Deklaag

Naam	SMA-NL 11B	Herkomst gegevens	
Type/Korrel/Toevoeging	SMA - 11 B	Toepasbaar als deklaag	☒
Minimum laagdikte	30 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☐
Maximum laagdikte	60 mm	Toepasbaar als onderlaag	☐
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	0,0 Hz	C-getal	0 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C3	0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	6,6 %	Holle ruimte	0,0 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	0,0
Stijfheidsmodulus (50%)	0 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	0 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	0	Vermoeiingscoëfficiënt C4	0
Vermoeiingscoëfficiënt C2	0	Vermoeiingscoëfficiënt C5	0
Vermoeiingscoëfficiënt C3	0	Healingfactor	0,00

Onderlaag 1

Naam	TT364 / 16609 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 22	Toepasbaar als deklaag	☐
Minimum laagdikte	50 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☒
Maximum laagdikte	90 mm	Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz	C-getal	11.242 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,839658000	Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	0,0 %	Holle ruimte	4,2 %
ITSR	95 %	Weerstand permanente vervorming	0,4
Stijfheidsmodulus (50%)	9.670 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	111 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	35,118194	Vermoeiingscoëfficiënt C4	-4,373705
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449	Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,355637
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363	Healingfactor	2,19

Ongebonden fundering

Naam	Hydraulisch gebonden hoogovenslakken	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	1.000 MPa	Poissongetal	0,35
Toelaatbare buigtrekspanning	128 KPa	Zelfbindende fundering	☒

Ondergrond

Naam	Zand	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	100 MPa	Poissongetal	0,35

Berekening variant 6

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

Deklaag: SMA 11B 70/100 Bestone
Onderlaag: LEAB 16 bind/base 35/50 60% PR Rebeastone
Fundering: Hydraulisch menggranulaat

Berekeningresultaat

Naam berekening MVP 6
Levensduur Berekend 41 jaar.

Constructie

Laag	Naam	H mm	E MPa	Ss	Sf
Deklaag	SMA-NL 11B	35	3.000	1,000	1,000
Onderlaag 2	TT373 / 76612 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	80	7.061	1,000	1,000
Onderlaag 1	TT373 / 76612 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	90	7.061	1,000	1,000
Totaal		205	5.455		
Ongebonden fundering	Hydraulisch menggranulaat	300	600		
Ondergrond	Zand	-	100		

Schade Criterium
%

Deklaag	SMA-NL 11B	0 Vermoeiing onderin
Onderlaag 2	TT373 / 76612 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	0 Vermoeiing onderin
Onderlaag 1	TT373 / 76612 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone	100 Vermoeiing onderin
Ongebonden fundering	Hydraulisch menggranulaat	-
Ondergrond	Zand	4 Vervorming bovenop

Berekeningdetails

Constructielagen

Algemeen

Gefaseerd ontwerp
Bereken dikte van de laag



Onderlaag1

Constructielagen

Deklaag	35 mm	[HUIDIG] SMA-NL 11B (S: -; ITSR: 80; B: 6,6)
Onderlaag 2	80 mm	[HUIDIG] TT373 / 76612 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone (S: 9157; ε6: 94; fc: 0,2; ITSR: 87; HR: 5,2)
Onderlaag 1	90 mm	[HUIDIG] TT373 / 76612 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone (S: 9157; ε6: 94; fc: 0,2; ITSR: 87; HR: 5,2)
Totaal	205 mm	
Ongebonden fundering	300 mm	[HUIDIG] Hydraulisch menggranulaat (S: 600)
Ondergrond	- mm	[HUIDIG] Zand (S: 100)

Verkeer

Verkeersbelasting

Ontwerpperiode	40,0 jaar
Aantal werkdagen per jaar	365
Snelheid vrachtverkeer	30 km/u

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

Aslastspectrum

Bereik	Rekenwaarde	%
20-40	30	20,16
40-60	50	30,56
60-80	70	26,06
80-100	90	12,54
100-120	110	6,51
120-140	130	2,71
140-160	150	1,00
160-180	170	0,31
180-220	190	0,12
200-220	210	0,03

Bandenspectrum

Band	%
EL	22,00
DL	38,00
BB	40,00
SB	0,00

Verkeersintensiteit

Herkomst verkeersbelasting

Schatting Fase 1

Aantal motorvoertuigen per dag per richting	250	mvt/dag/ri
Percentage vrachtverkeer	100	%
Aantal vrachtauto's per dag per richting	250	vrw/dag/ri
Jaarlijke groei	0	%

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
Capillaire stijghoogte	0,00 m
Restzetting	0,00 m
Droogleggingsdiepte	0,00 m
Vorstindringingsdiepte	0,00 m

Ontwerpinstellingen

Betrouwbaarheid	85 %	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	26	19	26	26
40-60	50	42	32	41	42
60-80	70	56	44	55	56
80-100	90	69	56	68	69
100-120	110	81	68	81	82
120-140	130	93	80	92	94
140-160	150	105	91	104	105
160-180	170	117	102	115	117
180-220	190	128	113	125	127
200-220	210	140	124	136	138

Toetsen

Details van de constructielagen

Deklaag

Naam	SMA-NL 11B	Herkomst gegevens	
Type/Korrel/Toevoeging	SMA - 11 B	Toepasbaar als deklaag	☒
Minimum laagdikte	30 mm	Toepasbaar als tussenlaag	☐
Maximum laagdikte	60 mm	Toepasbaar als onderlaag	☐
Stijfheid			
Poissongetal	0,35		
Karakteristieke frequentie	0,0 Hz	C-getal	0 °K
Stijfheidscoëfficiënt C1	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C3	0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	0,000000000	Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
CE-gegevens			
Bitumengehalte	6,6 %	Holle ruimte	0,0 %
ITSR	80 %	Weerstand permanente vervorming	0,0
Stijfheidsmodulus (50%)	0 MPa	Weerstand vermoeiing (50%)	0 µm/m
Vermoeiing			
Vermoeiingscoëfficiënt C1	0	Vermoeiingscoëfficiënt C4	0
Vermoeiingscoëfficiënt C2	0	Vermoeiingscoëfficiënt C5	0
Vermoeiingscoëfficiënt C3	0	Healingfactor	0,00

Onderlaag 2

Naam	TT373 / 76612 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR Rebeastone		Herkomst gegevens	BAM (2014-01)
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 22		Toepasbaar als deklaag	☐
Minimum laagdikte	50 mm		Toepasbaar als tussenlaag	☒
Maximum laagdikte	90 mm		Toepasbaar als onderlaag	☒
Stijfheid				
Poissongetal	0,35		C-getal	11.242 °K
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz		Stijfheidscoëfficiënt C3	-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,778219000		Stijfheidscoëfficiënt C4	0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189			
CE-gegevens				
Bitumengehalte	0,0 %		Holle ruimte	5,2 %
ITSR	87 %		Weerstand permanente vervorming	0,2
Stijfheidsmodulus (50%)	9.157 MPa		Weerstand vermoeiing (50%)	94 µm/m
Vermoeiing				
Vermoeiingscoëfficiënt C1	45,373277		Vermoeiingscoëfficiënt C4	-3,918129
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449		Vermoeiingscoëfficiënt C5	-0,488345
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363		Healingfactor	2,19

Onderlaag 1

Naam		T1373 / 76612 / AC 22 Bin / Base 35/50 60%PR		Herkomst gegevens		BAM (2014-01)	
		Rebeastone					
Type/Korrel/Toevoeging	AC - 22		Toepasbaar als deklaag				☐
Minimum laagdikte	50 mm		Toepasbaar als tussenlaag				☒
Maximum laagdikte	90 mm		Toepasbaar als onderlaag				☒
Stijfheid							
Poissongetal	0,35		C-getal				11.242 °K
Karakteristieke frequentie	8,0 Hz		Stijfheidscoëfficiënt C3				-0,001098345
Stijfheidscoëfficiënt C1	9,778219000		Stijfheidscoëfficiënt C4				0,000000000
Stijfheidscoëfficiënt C2	-0,018400189						
CE-gegevens							
Bitumengehalte	0,0 %		Holle ruimte				5,2 %
ITSR	87 %		Weerstand permanente vervorming				0,2
Stijfheidsmodulus (50%)	9.157 MPa		Weerstand vermoeiing (50%)				94 µm/m
Vermoeiing							
Vermoeiingscoëfficiënt C1	45,373277		Vermoeiingscoëfficiënt C4				-3,918129
Vermoeiingscoëfficiënt C2	-0,064449		Vermoeiingscoëfficiënt C5				-0,488345
Vermoeiingscoëfficiënt C3	1,404363		Healingfactor				2,19

Ongebonden fundering

Naam	Hydraulisch menggranulaat	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	600 MPa	Poissongetal	0,35
Toelaatbare buigtrekspanning	128 KPa	Zelfbindende fundering	☐

Ondergrond

Naam	Zand	Herkomst gegevens	
Stijfheidsmodulus	100 MPa	Poissongetal	0,35

Berekening variant 7

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

<i>Deklaag:</i>	<i>SMA 11B 70/100 Bestone</i>
<i>Tussenlaag:</i>	<i>AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone</i>
<i>Onderlaag:</i>	<i>AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone</i>
<i>Fundering:</i>	<i>Bitumineus gebonden AGRAC</i>

Dimensionering gebonden funderingen

29-5-2015 14:28:40

Projectgegevens

Project.....: **Maasvlakte Plaza**
 Opdrachtgever.....:
 Datum.....: **28 mei 2015**
 Adviseur.....:

Modelgegevens

Asfalt.....: **242 mm**
 Soort.....: **Asfalt [5500]**
 E.....: **5500 MPa**
 v.....: **0,35 -**
 Fundering.....: **300 mm**
 Soort.....: **Bitumineus gebonden asfaltgr.**
 E.....: **1500 MPa**
 v.....: **0,25 -**
 Ondergrond.....: **Zand**
 E.....: **100 MPa**
 v.....: **0,35 -**

Verkeer

Intensiteit per rijrichting.....: **250 mtv/etm**
 Percentage zwaar verkeer.....: **100,0 %**
 Groeipercentage.....: **0,0 %**
 Aantal gebruiksdagen per jaar..: **365 dagen**
 Wegbreedte.....: **3,50 m**
 Aantal rijstroken.....: **1**
 Versporingsfactor.....: **1,00**
 Betrouwbaarheid.....: **85 %**
 Gewenste levensduur fundering: **40 jaar**
 Gemiddeld aantal assen.....: **4,00**

Spectrum

Aslast spectrum.....: **Autosnelweg**

FasI [kN]	%
30	14,84
50	29,54
70	30,22
90	13,49
110	7,91
130	3,31
150	0,59
170	0,09
190	0,00
210	0,01

Banden spectrum.....: **Vencon 2**

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

Tussenresultaten

Intensiteit zwaar verkeer.....: **250 vrw/dag**
 Corr.factor wegbreedte.....: **1,90**
 Corr.factor N rijstroken.....: **1,00**
 Samengestelde k.....: **0,045 N/mm³**

Resultaten

Fas kN	Band type	Freq %	Bwiel mm	Lwl mm	Rwl mm	Pwl MPa	Vermoeiing			Verbrijzeling 10mm					
							N-optr. assen	Strek MPa	Eps um/m	N-toel. assen	Miner -	Sdruk MPa	N-toel. assen	Miner -	
210	EL	0,00	200	416	163	1,26	1,08E3	0,22	116,5	1,96E5	0,01	0,31	3,46E6	0,00	
210	DL	0,00	200	260	129	1,01	1,05E3	0,21	112,5	3,62E5	0,00	0,20	1,01E7	0,00	

210	BB	0,00	300	300	169	1,17	6,38E2	0,22	115,8	2,17E5	0,00	0,30	3,78E6	0,00
170	EL	0,04	200	383	156	1,11	9,74E3	0,18	94,8	7,34E6	0,00	0,25	5,91E6	0,00
170	DL	0,03	200	231	121	0,92	9,49E3	0,17	91,5	1,38E7	0,00	0,17	1,50E7	0,00
170	BB	0,02	300	268	160	1,06	5,74E3	0,18	94,5	7,76E6	0,00	0,25	6,17E6	0,00
150	EL	0,23	200	361	152	1,04	6,38E4	0,16	84,0	6,22E7	0,00	0,23	7,73E6	0,01
150	DL	0,22	200	214	117	0,88	6,22E4	0,15	80,9	1,20E8	0,00	0,15	1,84E7	0,00
150	BB	0,14	300	249	154	1,00	3,76E4	0,16	83,8	6,47E7	0,00	0,23	7,95E6	0,00
130	EL	1,29	200	335	146	0,97	3,58E5	0,14	73,1	7,14E8	0,00	0,20	1,01E7	0,04
130	DL	1,26	200	197	112	0,83	3,49E5	0,13	70,3	1,42E9	0,00	0,13	2,25E7	0,02
130	BB	0,76	300	229	148	0,95	2,11E5	0,14	73,0	7,34E8	0,00	0,20	1,03E7	0,02
110	EL	3,08	200	305	139	0,90	8,56E5	0,12	62,2	1,23E10	0,00	0,18	1,34E7	0,06
110	DL	3,01	200	178	106	0,77	8,34E5	0,11	59,7	2,56E10	0,00	0,11	2,75E7	0,03
110	BB	1,82	300	208	141	0,88	5,05E5	0,12	62,1	1,26E10	0,00	0,18	1,35E7	0,04
90	EL	5,26	200	271	131	0,83	1,46E6	0,10	51,2	3,81E11	0,00	0,15	1,79E7	0,08
90	DL	5,13	200	158	100	0,71	1,42E6	0,09	49,0	8,31E11	0,00	0,09	3,37E7	0,04
90	BB	3,10	300	184	133	0,81	8,61E5	0,10	51,1	3,87E11	0,00	0,15	1,80E7	0,05
70	EL	11,79	200	233	122	0,75	3,27E6	0,08	40,1	2,83E13	0,00	0,12	2,41E7	0,14
70	DL	11,48	200	138	94	0,64	3,19E6	0,07	38,2	6,56E13	0,00	0,07	4,14E7	0,08
70	BB	6,95	300	159	123	0,73	1,93E6	0,08	40,0	2,88E13	0,00	0,12	2,43E7	0,08
50	EL	11,52	200	192	110	0,65	3,20E6	0,06	28,8	9,29E15	0,00	0,09	3,33E7	0,10
50	DL	11,23	200	116	86	0,54	3,11E6	0,05	27,4	2,31E16	0,00	0,05	5,08E7	0,06
50	BB	6,79	300	133	113	0,63	1,88E6	0,06	28,8	9,51E15	0,00	0,09	3,36E7	0,06
30	EL	5,79	200	146	97	0,51	1,61E6	0,03	17,4	6,47E19	0,00	0,06	4,72E7	0,03
30	DL	5,64	200	93	77	0,40	1,56E6	0,03	16,5	1,74E20	0,00	0,03	6,25E7	0,03
30	BB	3,41	300	105	100	0,48	9,47E5	0,03	17,4	6,69E19	0,00	0,06	4,75E7	0,02
Tot		100,0					2,77E7			3,06E20	0,02		6,10E8	0,98

Vrachtwagenschadefactor.....: **1,72**
 Neq (100 kN E.A.).....: **1,19E7**
 Aslast tot breuk (EL).....: **426 kN**
 Betrouwbaarheid verbrijzeling...: **96 %**
 Minimale asfaltdekking (DWW).: **126 mm**

Berekening variant 8

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

<i>Deklaag:</i>	<i>SMA 11B 70/100 Bestone</i>
<i>Tussenlaag:</i>	<i>AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone</i>
<i>Onderlaag:</i>	<i>AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone</i>
<i>Fundering:</i>	<i>Cement gebonden AGRAC</i>

Dimensionering gebonden funderingen

29-5-2015 14:27:43

Projectgegevens

Project.....: **Maasvlakte Plaza**
 Opdrachtgever.....:
 Datum.....: **28 mei 2015**
 Adviseur.....:

Modelgegevens

Asfalt.....: **186 mm**
 Soort.....: **Asfalt [5500]**
 E.....: **5500 MPa**
 v.....: **0,35 -**
 Fundering.....: **300 mm**
 Soort.....: **AGRAC**
 E.....: **3500 MPa**
 v.....: **0,20 -**
 Ondergrond.....: **Zand**
 E.....: **100 MPa**
 v.....: **0,35 -**

Verkeer

Intensiteit per rijrichting.....: **250 mtv/etm**
 Percentage zwaar verkeer.....: **100,0 %**
 Groeipercantage.....: **0,0 %**
 Aantal gebruiksdagen per jaar..: **365 dagen**
 Wegbreedte.....: **3,50 m**
 Aantal rijstroken.....: **1**
 Versporingsfactor.....: **1,00**
 Betrouwbaarheid.....: **85 %**
 Gewenste levensduur fundering: **40 jaar**
 Gemiddeld aantal assen.....: **4,00**

Spectrum

Aslast spectrum.....: **Autosnelweg**

FasI [kN]	%
30	14,84
50	29,54
70	30,22
90	13,49
110	7,91
130	3,31
150	0,59
170	0,09
190	0,00
210	0,01

Banden spectrum.....: **Vencon 2**

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

Tussenresultaten

Intensiteit zwaar verkeer.....: **250 vrw/dag**
 Corr.factor wegbreedte.....: **1,90**
 Corr.factor N rijstroken.....: **1,00**
 Samengestelde k.....: **0,045 N/mm³**

Resultaten

Fas kN	Band type	Freq %	Bwiel mm	Lwl mm	Rwl mm	Pwl MPa	Vermoeiing			Verbrijzeling 10mm				
							N-optr. assen	Strek MPa	Eps um/m	N-toel. assen	Miner -	Sdruk MPa	N-toel. assen	Miner -
210	EL	0,00	200	416	163	1,26	1,08E3	0,41	95,7	2,17E5	0,00	0,60	3,76E6	0,00
210	DL	0,00	200	260	129	1,01	1,05E3	0,38	91,7	3,03E5	0,00	0,33	1,52E7	0,00

210	BB	0,00	300	300	169	1,17	6,38E2	0,41	95,0	2,29E5	0,00	0,57	4,29E6	0,00
170	EL	0,04	200	383	156	1,11	9,74E3	0,34	78,1	1,05E6	0,01	0,50	6,11E6	0,00
170	DL	0,03	200	231	121	0,92	9,49E3	0,31	74,6	1,48E6	0,01	0,27	2,12E7	0,00
170	BB	0,02	300	268	160	1,06	5,74E3	0,33	77,7	1,08E6	0,01	0,49	6,51E6	0,00
150	EL	0,23	200	361	152	1,04	6,38E4	0,30	69,2	2,66E6	0,02	0,46	7,76E6	0,01
150	DL	0,22	200	214	117	0,88	6,22E4	0,28	66,0	3,81E6	0,02	0,23	2,50E7	0,00
150	BB	0,14	300	249	154	1,00	3,76E4	0,30	69,0	2,72E6	0,01	0,45	8,10E6	0,00
130	EL	1,29	200	335	146	0,97	3,58E5	0,26	60,3	7,67E6	0,05	0,41	9,90E6	0,04
130	DL	1,26	200	197	112	0,83	3,49E5	0,24	57,4	1,12E7	0,03	0,20	2,96E7	0,01
130	BB	0,76	300	229	148	0,95	2,11E5	0,26	60,2	7,79E6	0,03	0,41	1,02E7	0,02
110	EL	3,08	200	305	139	0,90	8,56E5	0,22	51,4	2,65E7	0,03	0,36	1,27E7	0,07
110	DL	3,01	200	178	106	0,77	8,34E5	0,20	48,8	3,97E7	0,02	0,17	3,50E7	0,02
110	BB	1,82	300	208	141	0,88	5,05E5	0,22	51,3	2,68E7	0,02	0,36	1,30E7	0,04
90	EL	5,26	200	271	131	0,83	1,46E6	0,18	42,4	1,18E8	0,01	0,31	1,66E7	0,09
90	DL	5,13	200	158	100	0,71	1,42E6	0,17	40,0	1,81E8	0,01	0,14	4,13E7	0,03
90	BB	3,10	300	184	133	0,81	8,61E5	0,18	42,3	1,19E8	0,01	0,31	1,68E7	0,05
70	EL	11,79	200	233	122	0,75	3,27E6	0,14	33,2	7,66E8	0,00	0,26	2,21E7	0,15
70	DL	11,48	200	138	94	0,64	3,19E6	0,13	31,3	1,23E9	0,00	0,11	4,87E7	0,07
70	BB	6,95	300	159	123	0,73	1,93E6	0,14	33,2	7,74E8	0,00	0,26	2,24E7	0,09
50	EL	11,52	200	192	110	0,65	3,20E6	0,10	24,0	9,56E9	0,00	0,20	3,04E7	0,11
50	DL	11,23	200	116	86	0,54	3,11E6	0,09	22,4	1,60E10	0,00	0,08	5,73E7	0,05
50	BB	6,79	300	133	113	0,63	1,88E6	0,10	23,9	9,69E9	0,00	0,19	3,08E7	0,06
30	EL	5,79	200	146	97	0,51	1,61E6	0,06	14,5	4,55E11	0,00	0,13	4,36E7	0,04
30	DL	5,64	200	93	77	0,40	1,56E6	0,06	13,5	7,96E11	0,00	0,05	6,73E7	0,02
30	BB	3,41	300	105	100	0,48	9,47E5	0,06	14,5	4,64E11	0,00	0,13	4,42E7	0,02
Tot		100,0					2,77E7			1,75E12	0,30		6,50E8	0,99

Vrachtwagenschadefactor.....: **1,72**
 Neq (100 kN E.A.).....: **1,19E7**
 Aslast tot breuk (EL).....: **298 kN**
 Betrouwbaarheid verbrijzeling...: **96 %**
 Minimale asfaltdekking (DWW).: **137 mm**

Bijlage 6:

Begrotingen varianten 1,2 en 7

Begrotingen variant 1

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

Deklaag: SMA 11B 70/100 Bestone
Tussenlaag: Kjellfalt 16 bin 35/50 Bestone
Onderlaag: AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone
Fundering: Hydraulisch menggranulaat



BAM Infra Regio West Wegen
Postbus 800
2800 AV GOUDA

Zonweg 33
2516 AK DEN HAAG
Telefoon : (070) 371 47 14
Telefax : (070) 347 91 46
E-mail : info.west@bamwegen.nl

Begroting

Projectgegevens:

Project:	dsu007	Afstudeerbegrotingen D. Suurmond
Opdrachtgever:		
Besteknummer:		
Datum aanbesteding:		

Calculatiegegevens:

Calculatie:	KPDSU0013	Begroting Variant 1
Versie:	1 - 0	
Naam:	Begroting Variant 1	
Opdrachtgever:		
Calculator:	D. Suurmond	
Datum uitdraai:	02-06-2015 18:14	

Gecontroleerd:

Naam:

Functie:

Datum:

Handtekening:

BAM Infra Regio West Wegen

Posten

code	middel	omschrijving	inzet	norm	productie	tot. middel	eh.	prijs middel	ehprijs	bedrag
1	Variant 1									2.749.269
11	Fundering									232.750
111110	Aanbrengen fundering van hydraulisch menggranulaat (d=300 mm)					60.000,00	m2	V	0,24/m2	14.650
21010	202611	shovel 1500ltr	1,00	8,000	P	137,14 uur		61,50	0,14	8.434
22100	209009	aanvoer diverse	250,00	1,000	T	250,00 EUR		1,00	0,00	250
10010	100101	grondwerker	1,00	8,000	P	137,14 uur		43,50	0,10	5.966
					<i>productie</i>	3.500,00 m2				
111120	Leveren van hydraulisch menggranulaat					32.400,00	ton	V	5,85/ton	189.540
40030	402043	hydr. Menggranulaat 0/31,5 rood - franco REKO	1,00	1,000	1,00	32.400,00 ton		5,85	5,85	189.540
111130	Profileren en verdichten hydraulisch menggranulaat					60.000,00	m2	V	0,48/m2	28.560
10010	100101	grondwerker	1,00	8,000	P	160,00 uur		43,50	0,12	6.960
21010	204531	tractor -kilverbak/laser	1,00	8,000	P	160,00 uur		75,00	0,20	12.000
21010	205441	puinwals	1,00	8,000	P	160,00 uur		60,00	0,16	9.600
					<i>productie</i>	3.000,00 m2				
12	Asfaltconstructie									2.516.519
121110	Aanbrengen deklaag: SMA-NL 11B (d=35 mm)					5.250,00	ton	V	56,00/ton	294.000
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	52,50 dag		5.600,00	56,00	294.000
					<i>productie</i>	800,00 ton				
121120	Aanbrengen tussenlaag: Kjelfalt 16 bin 35/50 (d=50 mm)					7.500,00	ton	V	44,80/ton	336.000
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	60,00 dag		5.600,00	44,80	336.000
					<i>productie</i>	1.000,00 ton				
121130	Aanbrengen onderlaag: AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone (d=64mm)					9.600,00	ton	V	37,33/ton	358.400
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	64,00 dag		5.600,00	37,33	358.400
					<i>productie</i>	1.200,00 ton				
121140	Leveren deklaag: SMA-NL 11B (d=35 mm)					5.250,00	ton	V	75,98/ton	398.918
30500	44004	SMA 11B 70/100 Bestone	5.250,00	1,000	T	5.250,00 ton		73,15	73,15	384.038
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	187,50 uur		79,36	2,83	14.880
					<i>productie</i>	224,00 ton				
121150	Leveren tussenlaag: Kjelfalt 16 bin 35/50 (d=50 mm)					7.500,00	ton	V	85,68/ton	642.632
30800	75035	Kjelfalt 16 bin 35/50 Bestone	7.500,00	1,000	T	7.500,00 ton		82,85	82,85	621.375
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	267,86 uur		79,36	2,83	21.257
					<i>productie</i>	224,00 ton				
121160	Leveren onderlaag: AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone (d=64mm)					9.600,00	ton	V	46,93/ton	450.569
30200	16580	AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone	9.600,00	1,000	T	9.600,00 ton		44,10	44,10	423.360
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	342,86 uur		79,36	2,83	27.209
					<i>productie</i>	224,00 ton				
121170	Leveren en aanbrengen kleeflaag: emulsie 0,3 kg/m2					120.000,00	m2	V	0,30/m2	36.000
31060	300003	emulsie 0,3kg/m2	1,00	1,000	1,00	120.000,00 m2		0,30	0,30	36.000

BAM Infra Regio West Wegen
Posten

<i>code</i>	<i>middel</i>	<i>omschrijving</i>	<i>inzet</i>	<i>norm</i>	<i>productie</i>	<i>tot. middel</i>	<i>eh.</i>	<i>prijs middel</i>	<i>ehprijs</i>	<i>bedrag</i>
Subtotaal										2.749.269

BAM Infra Regio West Wegen

Posten

code	middel	omschrijving	inzet	norm	productie	tot. middel	eh.	prijs middel	ehprijs	bedrag
9	STAARTPOSTEN									
91	EENMALIGE KOSTEN									
910010		Inrichten werkterrein				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910020		Opruimen werkterrein				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910030		Aan- en afvoer materieel				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910040		Bouwplaatskosten				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
28000	207900	Div. keten/containers via AK	0,00	0,350	100,00		EUR			
910800	Projectvoorbereiding					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
11000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101101	uitvoerder	0,00	8,000	T		uur	55,00		
918880	Overige eenmalige kosten					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
80000	801171	BAM DLP kosten	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901014	bankgarantie	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901041	CAR-verzekering (0,23%)	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	906004	kosten VISI	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901091	risico regeling voorziening	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901081	vermogenskosten (rente)	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
919990	Totaal eenmalige kosten					100,00	EUR		0,00/EUR	0
929990	Uitvoeringskosten					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
11000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101101	uitvoerder	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101201	uitvoeder DLP	0,00	8,000	T		uur	57,50		
11000	101301	hfd-uitvoerder/projectleider	0,00	8,000	T		uur	70,00		
11060	101501	uitzetsploeg	0,00	8,000	T		uur	110,00		
939990	Algemene kosten					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
949990	Winst en risico					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
								Kostprijs	2.749.269	

BAM Infra Regio West Wegen

Kostensoorten

code	leverancier	middel	omschrijving	hoeveelheid	eh	ehprijs	bedrag	% kostprijs
LOON								
10010	3000	100101	grondwerker	297,14	uur	43,50	12.926	0,47 %
Subtotaal 10010			CAO Grondwerker				12.926	0,47 %
11000	3000	101101	uitvoerder		uur			
11000	3000	101201	uitvoeder DLP		uur			
11000	3000	101301	hfd-uitvoerder/projectleider		uur			
11000	3000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator		uur			
Subtotaal 11000			UTA algemeen					
11060	3000	101501	uitzetsploeg		uur			
Subtotaal 11060			UTA Uitzetsploeg					
Subtotaal			LOON				12.926 EUR	0,47 %
MATERIEEL								
21010	3000	202611	shovel 1500ltr	137,14	uur	61,50	8.434	0,31 %
21010	3000	204531	tractor -kilverbak/laser	160,00	uur	75,00	12.000	0,44 %
21010	3000	205441	puinwals	160,00	uur	60,00	9.600	0,35 %
Subtotaal 21010			bouwmaterieel				30.034	1,10 %
22100	3000	209009	aanvoer diverse	250,00	EUR	1,00	250	0,01 %
Subtotaal 22100			aan- en afvoerkosten				250	0,01 %
23000	3000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	176,50	dag	5.600,00	988.400	35,95 %
Subtotaal 23000			Asfaltmaterieel				988.400	35,95 %
23110	3000	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	798,21	uur	79,36	63.346	2,30 %
Subtotaal 23110			vrachtauto asfaltransport				63.346	2,30 %
28000	3000	207900	Div. keten/containers via AK		EUR			
Subtotaal 28000			Ketenpark / containers					
Subtotaal			MATERIEEL				1.082.031 EUR	39,36 %
ASFALT								
30200	HAC-001	16580	AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone	9.600,00	ton	44,10	423.360	15,40 %
Subtotaal 30200			ac base / bin				423.360	15,40 %
30500	HAC-001	44004	SMA 11B 70/100 Bestone	5.250,00	ton	73,15	384.038	13,97 %
Subtotaal 30500			SMA				384.038	13,97 %
30800	HAC-001	75035	Kjelfalt 16 bin 35/50 Bestone	7.500,00	ton	82,85	621.375	22,60 %
Subtotaal 30800			Speciale mengsels/emulsie				621.375	22,60 %
31060	3000	300003	emulsie 0,3kg/m2	120.000,00	m2	0,30	36.000	1,31 %
Subtotaal 31060			Emulsies				36.000	1,31 %
Subtotaal			ASFALT				1.464.773 EUR	53,28 %
KOOP 1								
40030	3000	402043	hydr. Menggranulaat 0/31,5 rood - franco REKO	32.400,00	ton	5,85	189.540	6,89 %
Subtotaal 40030			granulaat/puin				189.540	6,89 %
Subtotaal			KOOP 1				189.540 EUR	6,89 %
ONDERAANNEMING								
80000	3000	801171	BAM DLP kosten		EUR			
Subtotaal 80000			Onderaanneming algemeen					
Subtotaal			ONDERAANNEMING				0 EUR	
OVERIG								
98000	3000	901014	bankgarantie		EUR			
98000	3000	901041	CAR-verzekering (0,23%)		EUR			

BAM Infra Regio West Wegen

Kostensoorten

code	leverancier	middel	omschrijving	hoeveelheid eh	ehprijs	bedrag % kostprijs
98000	3000	901081	vermogenskosten (rente)	EUR		
98000	3000	901091	risico regeling voorziening	EUR		
98000	3000	906004	kosten VISI	EUR		
Subtotaal 98000			Eenmalige kosten			
Subtotaal			OVERIG			0 EUR
Niet gespecificeerd				Kostprijs	2.749.269 EUR	

BAM Infra Regio West Wegen
Recapitulatie calculatiekolommen

<i>calculatiekolom</i>	<i>bedrag</i>	<i>% kostprijs</i>
LOON	12.926	0,47 %
MATERIEEL	1.082.031	39,36 %
ASFALT	1.464.773	53,28 %
KOOP 1	189.540	6,89 %
KOOP 2		
ONDERAANNEMING		
OVERIG		
STELPOST		
Niet gespecificeerd		
Kostprijs	2.749.269	EUR

BAM Infra Regio West Wegen
Recapitulatie posten t/m niveau 1

<i>code</i>	<i>omschrijving</i>	<i>hoeveelheid</i>	<i>eh.</i>	<i>bedrag</i>	<i>% kostprijs</i>
1	Variant 1			2.749.269	100,00 %
Subtotaal				2.749.269 EUR	
9	STAARTPOSTEN				
Kostprijs				2.749.269 EUR	

Begrotingen variant 2

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

<i>Deklaag:</i>	<i>SMA 11B 70/100 Bestone</i>
<i>Tussenlaag:</i>	<i>AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone</i>
<i>Onderlaag:</i>	<i>AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone</i>
<i>Fundering:</i>	<i>Hydraulisch menggranulaat</i>



BAM Infra Regio West Wegen
Postbus 800
2800 AV GOUDA

Zonweg 33
2516 AK DEN HAAG
Telefoon : (070) 371 47 14
Telefax : (070) 347 91 46
E-mail : info.west@bamwegen.nl

Begroting

Projectgegevens:

Project:	dsu007	Afstudeerbegrotingen D. Suurmond
Opdrachtgever:		
Besteknummer:		
Datum aanbesteding:		

Calculatiegegevens:

Calculatie:	KPDSU0021	Begroting Variant 2
Versie:	1 - 0	
Naam:	Begroting Variant 2	
Opdrachtgever:		
Calculator:	D. Suurmond	
Datum uitdraai:	02-06-2015 09:10	

Gecontroleerd:

Naam:

Functie:

Datum:

Handtekening:

BAM Infra Regio West Wegen Posten

code	middel	omschrijving	inzet	norm	productie	tot. middel	eh.	prijs middel	ehprijs	bedrag
1	Variant 2									2.653.595
11	Fundering									232.750
111110	Aanbrengen fundering van hydraulisch menggranulaat (d=300 mm)					60.000,00	m2	V	0,24/m2	14.650
21010	202611	shovel 1500ltr	1,00	8,000	P	137,14 uur		61,50	0,14	8.434
22100	209009	aanvoer diverse	250,00	1,000	T	250,00 EUR		1,00	0,00	250
10010	100101	grondwerker	1,00	8,000	P	137,14 uur		43,50	0,10	5.966
					<i>productie</i>	3.500,00 m2				
111120	Leveren van hydraulisch menggranulaat					32.400,00	ton	V	5,85/ton	189.540
40030	402043	hydr. Menggranulaat 0/31,5 rood - franco REKO	1,00	1,000	1,00	32.400,00 ton		5,85	5,85	189.540
111130	Profileren en verdichten hydraulisch menggranulaat					60.000,00	m2	V	0,48/m2	28.560
10010	100101	grondwerker	1,00	8,000	P	160,00 uur		43,50	0,12	6.960
21010	204531	tractor -kilverbak/laser	1,00	8,000	P	160,00 uur		75,00	0,20	12.000
21010	205441	puinwals	1,00	8,000	P	160,00 uur		60,00	0,16	9.600
					<i>productie</i>	3.000,00 m2				
12	Asfaltconstructie									2.420.845
121110	Aanbrengen deklaag: SMA-NL 11B (d=35 mm)					5.250,00	ton	V	56,00/ton	294.000
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	52,50 dag		5.600,00	56,00	294.000
					<i>productie</i>	800,00 ton				
121120	Aanbrengen tussenlaag: AC16 35/50 Bin/Base 60% PR Bestone (d=50 mm)					7.500,00	ton	V	44,80/ton	336.000
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	60,00 dag		5.600,00	44,80	336.000
					<i>productie</i>	1.000,00 ton				
121130	Aanbrengen onderlaag: AC 22 Bin/Base 35/50 60%PR Rebeastone (d=99mm)					14.580,00	ton	V	37,33/ton	544.320
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	97,20 dag		5.600,00	37,33	544.320
					<i>productie</i>	1.200,00 ton				
121140	Leveren deklaag: SMA-NL 11B (d=35 mm)					5.250,00	ton	V	75,98/ton	398.918
30500	44004	SMA 11B 70/100 Bestone	5.250,00	1,000	T	5.250,00 ton		73,15	73,15	384.038
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	187,50 uur		79,36	2,83	14.880
					<i>productie</i>	224,00 ton				
121150	Leveren tussenlaag: AC16 Bin/Base 35-50 60% PR Bestone (d=50 mm)					7.500,00	ton	V	37,08/ton	278.132
30800	75035	Kjelfalt 16 bin 35/50 Bestone	7.500,00	1,000	T	7.500,00 ton		34,25	34,25	256.875
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	267,86 uur		79,36	2,83	21.257
					<i>productie</i>	224,00 ton				
121160	Leveren onderlaag: AC 22 Bin/Base 35/50 60%PR Rebeastone (d=99mm)					14.850,00	ton	V	35,92/ton	533.476
30200	16580	AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone	14.850,00	1,000	T	14.850,00 ton		33,09	33,09	491.387
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	530,36 uur		79,36	2,83	42.089
					<i>productie</i>	224,00 ton				
121170	Leveren en aanbrengen kleeflaag: emulsie 0,3 kg/m2					120.000,00	m2	V	0,30/m2	36.000
31060	300003	emulsie 0,3kg/m2	1,00	1,000	1,00	120.000,00 m2		0,30	0,30	36.000

BAM Infra Regio West Wegen
Posten

<i>code</i>	<i>middel</i>	<i>omschrijving</i>	<i>inzet</i>	<i>norm</i>	<i>productie</i>	<i>tot. middel</i>	<i>eh.</i>	<i>prijs middel</i>	<i>ehprijs</i>	<i>bedrag</i>
Subtotaal										2.653.595

BAM Infra Regio West Wegen

Posten

code	middel	omschrijving	inzet	norm	productie	tot. middel	eh.	prijs middel	ehprijs	bedrag
9	STAARTPOSTEN									
91	EENMALIGE KOSTEN									
910010		Inrichten werkterrein				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910020		Opruimen werkterrein				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910030		Aan- en afvoer materieel				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910040		Bouwplaatskosten				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
28000	207900	Div. keten/containers via AK	0,00	0,350	100,00		EUR			
910800	Projectvoorbereiding					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
11000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101101	uitvoerder	0,00	8,000	T		uur	55,00		
918880	Overige eenmalige kosten					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
80000	801171	BAM DLP kosten	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901014	bankgarantie	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901041	CAR-verzekering (0,23%)	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	906004	kosten VISI	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901091	risico regeling voorziening	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901081	vermogenskosten (rente)	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
919990	Totaal eenmalige kosten					100,00	EUR		0,00/EUR	0
929990	Uitvoeringskosten					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
11000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101101	uitvoerder	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101201	uitvoeder DLP	0,00	8,000	T		uur	57,50		
11000	101301	hfd-uitvoerder/projectleider	0,00	8,000	T		uur	70,00		
11060	101501	uitzetsploeg	0,00	8,000	T		uur	110,00		
939990	Algemene kosten					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
949990	Winst en risico					1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
								Kostprijs	2.653.595	

BAM Infra Regio West Wegen

Kostensoorten

code	leverancier	middel	omschrijving	hoeveelheid	eh	ehprijs	bedrag	% kostprijs
LOON								
10010	3000	100101	grondwerker	297,14	uur	43,50	12.926	0,49 %
Subtotaal 10010			CAO Grondwerker				12.926	0,49 %
11000	3000	101101	uitvoerder		uur			
11000	3000	101201	uitvoeder DLP		uur			
11000	3000	101301	hfd-uitvoerder/projectleider		uur			
11000	3000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator		uur			
Subtotaal 11000			UTA algemeen					
11060	3000	101501	uitzetsploeg		uur			
Subtotaal 11060			UTA Uitzetsploeg					
Subtotaal			LOON				12.926 EUR	0,49 %
MATERIEEL								
21010	3000	202611	shovel 1500ltr	137,14	uur	61,50	8.434	0,32 %
21010	3000	204531	tractor -kilverbak/laser	160,00	uur	75,00	12.000	0,45 %
21010	3000	205441	puinwals	160,00	uur	60,00	9.600	0,36 %
Subtotaal 21010			bouwmaterieel				30.034	1,13 %
22100	3000	209009	aanvoer diverse	250,00	EUR	1,00	250	0,01 %
Subtotaal 22100			aan- en afvoerkosten				250	0,01 %
23000	3000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	209,70	dag	5.600,00	1.174.320	44,25 %
Subtotaal 23000			Asfaltmaterieel				1.174.320	44,25 %
23110	3000	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	985,71	uur	79,36	78.226	2,95 %
Subtotaal 23110			vrachtauto asfaltransport				78.226	2,95 %
28000	3000	207900	Div. keten/containers via AK		EUR			
Subtotaal 28000			Ketenpark / containers					
Subtotaal			MATERIEEL				1.282.831 EUR	48,34 %
ASFALT								
30200	HAC-001	16580	AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone	14.850,00	ton	33,09	491.387	18,52 %
Subtotaal 30200			ac base / bin				491.387	18,52 %
30500	HAC-001	44004	SMA 11B 70/100 Bestone	5.250,00	ton	73,15	384.038	14,47 %
Subtotaal 30500			SMA				384.038	14,47 %
30800	HAC-001	75035	Kjelfalt 16 bin 35/50 Bestone	7.500,00	ton	34,25	256.875	9,68 %
Subtotaal 30800			Speciale mengsels/emulsie				256.875	9,68 %
31060	3000	300003	emulsie 0,3kg/m2	120.000,00	m2	0,30	36.000	1,36 %
Subtotaal 31060			Emulsies				36.000	1,36 %
Subtotaal			ASFALT				1.168.299 EUR	44,03 %
KOOP 1								
40030	3000	402043	hydr. Menggranulaat 0/31,5 rood - franco REKO	32.400,00	ton	5,85	189.540	7,14 %
Subtotaal 40030			granulaat/puin				189.540	7,14 %
Subtotaal			KOOP 1				189.540 EUR	7,14 %
ONDERAANNEMING								
80000	3000	801171	BAM DLP kosten		EUR			
Subtotaal 80000			Onderaanneming algemeen					
Subtotaal			ONDERAANNEMING				0 EUR	
OVERIG								
98000	3000	901014	bankgarantie		EUR			
98000	3000	901041	CAR-verzekering (0,23%)		EUR			

BAM Infra Regio West Wegen

Kostensoorten

code	leverancier	middel	omschrijving	hoeveelheid eh	ehprijs	bedrag % kostprijs
98000	3000	901081	vermogenskosten (rente)	EUR		
98000	3000	901091	risico regeling voorziening	EUR		
98000	3000	906004	kosten VISI	EUR		
Subtotaal 98000			Eenmalige kosten			
Subtotaal			OVERIG			0 EUR
Niet gespecificeerd				Kostprijs	2.653.595 EUR	

BAM Infra Regio West Wegen
Recapitulatie calculatiekolommen

<i>calculatiekolom</i>	<i>bedrag</i>	<i>% kostprijs</i>
LOON	12.926	0,49 %
MATERIEEL	1.282.831	48,34 %
ASFALT	1.168.299	44,03 %
KOOP 1	189.540	7,14 %
KOOP 2		
ONDERAANNEMING		
OVERIG		
STELPOST		
Niet gespecificeerd		
Kostprijs	2.653.595	EUR

BAM Infra Regio West Wegen
Recapitulatie posten t/m niveau 1

<i>code</i>	<i>omschrijving</i>	<i>hoeveelheid</i>	<i>eh.</i>	<i>bedrag</i>	<i>% kostprijs</i>
1	Variant 2			2.653.595	100,00 %
Subtotaal				2.653.595 EUR	
9	STAARTPOSTEN				
Kostprijs				2.653.595 EUR	

Begrotingen variant 7

In deze variant is de constructie samengesteld uit:

<i>Deklaag:</i>	<i>SMA 11B 70/100 Bestone</i>
<i>Tussenlaag:</i>	<i>AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone</i>
<i>Onderlaag:</i>	<i>AC 22 bin/base 35/50 60% PR Rebeastone</i>
<i>Fundering:</i>	<i>Bitumineus gebonden AGRAC</i>



BAM Infra Regio West Wegen
Postbus 800
2800 AV GOUDA

Zonweg 33
2516 AK DEN HAAG
Telefoon : (070) 371 47 14
Telefax : (070) 347 91 46
E-mail : info.west@bamwegen.nl

Begroting

Projectgegevens:

Project:	dsu007	Afstudeerbegrotingen D. Suurmond
Opdrachtgever:		
Besteknummer:		
Datum aanbesteding:		

Calculatiegegevens:

Calculatie:	KPDSU0031	Begroting Variant 7
Versie:	1 - 0	
Naam:	Begroting Variant 7	
Opdrachtgever:		
Calculator:	D. Suurmond	
Datum uitdraai:	02-06-2015 09:10	

Gecontroleerd:

Naam:

Functie:

Datum:

Handtekening:

BAM Infra Regio West Wegen

Posten

code	middel	omschrijving	inzet	norm	productie	tot. middel	eh.	prijs middel	ehprijs	bedrag
1	Variant 7									5.553.63
11	Fundering									2.476.91
110010	Aanbrengen fundering bitumineus gebonden asfaltgranulaat(d=300 mm)					60.000,00	m2	V	0,26/m2	15.758
21010	202611	shovel 1500ltr	1,00	8,000	P	147,69 uur		61,50	0,15	9.083
22100	209009	aanvoer diverse	250,00	1,000	T	250,00 EUR		1,00	0,00	250
10010	100101	grondwerker	1,00	8,000	P	147,69 uur		43,50	0,11	6.425
		<i>productie</i>				3.250,00	m2			
110020	Leveren van bitumineus gebonden asfaltgranulaat					32.400,00	ton	V	75,00/ton	2.430.000
40030	402071	bitumineus gebonden AGRAC franco werk	32.400,00	1,000	T	32.400,00 ton		75,00	75,00	2.430.000
110030	Profileren en verdichten bitumineus gebonden asfaltgranulaat					60.000,00	m2	V	0,52/m2	31.156
10010	100101	grondwerker	1,00	8,000	P	174,55 uur		43,50	0,13	7.593
21010	204531	tractor -kilverbak/laser	1,00	8,000	P	174,55 uur		75,00	0,22	13.091
21010	205441	puinwals	1,00	8,000	P	174,55 uur		60,00	0,17	10.473
		<i>productie</i>				2.750,00	m2			
12	Asfaltconstructie									3.076.71
120010	Aanbrengen deklaag: SMA-NL 11B (d=35 mm)					5.250,00	ton	V	56,00/ton	294.000
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	52,50 dag		5.600,00	56,00	294.000
		<i>productie</i>				800,00	ton			
120020	Aanbrengen tussenlaag:AC16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone (d=82mm)					12.300,00	ton	V	44,80/ton	551.040
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	98,40 dag		5.600,00	44,80	551.040
		<i>productie</i>				1.000,00	ton			
120030	Aanbrengen onderlaag:AC 22 Bin/Base 40/100-65 50%PR Bestone (d=120mm)					18.000,00	ton	V	37,33/ton	672.000
23000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	1,00	8,000	P	120,00 dag		5.600,00	37,33	672.000
		<i>productie</i>				1.200,00	ton			
120040	Leveren deklaag: SMA-NL 11B (d=35 mm)					5.250,00	ton	V	76,10/ton	399.506
30500	44004	SMA 11B 70/100 Bestone	5.250,00	1,000	T	5.250,00 ton		73,15	73,15	384.038
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	187,50 uur		82,50	2,95	15.469
		<i>productie</i>				224,00	ton			
120050	Leveren tussenlaag: AC16 Bin/Base 35/50 60%PR Bestone (d=82mm)					12.300,00	ton		37,20/ton	457.516
30200	15608	AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone	12.300,00	1,000	T	12.300,00 ton		34,25	34,25	421.275
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	439,29 uur		82,50	2,95	36.241
		<i>productie</i>				224,00	ton			
120060	Leveren onderlaag: AC22 Bin/Base 35/50 60% PR Bestone (d=120mm)					18.000,00	ton	V	36,04/ton	648.656
30200	16580	AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone	18.000,00	1,000	T	18.000,00 ton		33,09	33,09	595.620
23110	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1,00	8,000	P	642,86 uur		82,50	2,95	53.036
		<i>productie</i>				224,00	ton			
120070	Leveren en aanbrengen kleeflaag: emulsie 0,3 kg/m2					180.000,00	m2	V	0,30/m2	54.000
31060	300003	emulsie 0,3kg/m2	1,00	1,000	1,00	180.000,00 m2		0,30	0,30	54.000

BAM Infra Regio West Wegen
Posten

<i>code</i>	<i>middel</i>	<i>omschrijving</i>	<i>inzet</i>	<i>norm</i>	<i>productie</i>	<i>tot. middel</i>	<i>eh.</i>	<i>prijs middel</i>	<i>ehprijs</i>	<i>bedrag</i>
Subtotaal										5.553.632

BAM Infra Regio West Wegen

Posten

code	middel	omschrijving	inzet	norm	productie	tot. middel	eh.	prijs middel	ehprijs	bedrag
9		STAARTPOSTEN								
91		EENMALIGE KOSTEN								
910010		Inrichten werkterrein				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910020		Opruimen werkterrein				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910030		Aan- en afvoer materieel				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
910040		Bouwplaatskosten				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
28000	207900	Div. keten/containers via AK	0,00	0,350	100,00		EUR			
910800		Projectvoorbereiding				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
11000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101101	uitvoerder	0,00	8,000	T		uur	55,00		
918880		Overige eenmalige kosten				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
80000	801171	BAM DLP kosten	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901014	bankgarantie	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901041	CAR-verzekering (0,23%)	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	906004	kosten VISI	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901091	risico regeling voorziening	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
98000	901081	vermogenskosten (rente)	0,00	1,000	T		EUR	1,00		
919990		Totaal eenmalige kosten				100,00	EUR		0,00/EUR	0
929990		Uitvoeringskosten				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
11000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101101	uitvoerder	0,00	8,000	T		uur	55,00		
11000	101201	uitvoeder DLP	0,00	8,000	T		uur	57,50		
11000	101301	hfd-uitvoerder/projectleider	0,00	8,000	T		uur	70,00		
11060	101501	uitzetsploeg	0,00	8,000	T		uur	110,00		
939990		Algemene kosten				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
949990		Winst en risico				1,00	EUR	N	0,00/EUR	0
Kostprijs									5.553.632	

BAM Infra Regio West Wegen

Kostensoorten

code	leverancier	middel	omschrijving	hoeveelheid	eh	ehprijs	bedrag	% kostprijs
LOON								
10010	3000	100101	grondwerker	322,24	uur	43,50	14.017	0,25 %
Subtotaal 10010			CAO Grondwerker				14.017	0,25 %
11000	3000	101101	uitvoerder		uur			
11000	3000	101201	uitvoeder DLP		uur			
11000	3000	101301	hfd-uitvoerder/projectleider		uur			
11000	3000	101631	werkvoorbereider/ pr.organisator		uur			
Subtotaal 11000			UTA algemeen					
11060	3000	101501	uitzetploeg		uur			
Subtotaal 11060			UTA Uitzetploeg					
Subtotaal			LOON				14.017 EUR	0,25 %
MATERIEEL								
21010	3000	202611	shovel 1500ltr	147,69	uur	61,50	9.083	0,16 %
21010	3000	204531	tractor -kilverbak/laser	174,55	uur	75,00	13.091	0,24 %
21010	3000	205441	puinwals	174,55	uur	60,00	10.473	0,19 %
Subtotaal 21010			bouwmaterieel				32.647	0,59 %
22100	3000	209009	aanvoer diverse	250,00	EUR	1,00	250	
Subtotaal 22100			aan- en afvoerkosten				250	
23000	3000	205111	asfaltploeg (ma t/m vr 7:00 - 20:00 uur)	270,90	dag	5.600,00	1.517.040	27,32 %
Subtotaal 23000			Asfaltmaterieel				1.517.040	27,32 %
23110	3000	203451	10x4 asfaltauto 32 ton	1.269,64	uur	82,50	104.746	1,89 %
Subtotaal 23110			vrachtauto asfaltransport				104.746	1,89 %
28000	3000	207900	Div. keten/containers via AK		EUR			
Subtotaal 28000			Ketenpark / containers					
Subtotaal			MATERIEEL				1.654.682 EUR	29,79 %
ASFALT								
30200	HAC-001	15608	AC 16 bin/base 40/60 60% PR Bestone	12.300,00	ton	34,25	421.275	7,59 %
30200	HAC-001	16580	AC 22 bin/base Styrelf 40/100 65 A AP 50% PR Bestone	18.000,00	ton	33,09	595.620	10,72 %
Subtotaal 30200			ac base / bin				1.016.895	18,31 %
30500	HAC-001	44004	SMA 11B 70/100 Bestone	5.250,00	ton	73,15	384.038	6,92 %
Subtotaal 30500			SMA				384.038	6,92 %
31060	3000	300003	emulsie 0,3kg/m2	180.000,00	m2	0,30	54.000	0,97 %
Subtotaal 31060			Emulsies				54.000	0,97 %
Subtotaal			ASFALT				1.454.933 EUR	26,20 %
KOOP 1								
40030	3000	402071	bitumineus gebonden AGRAC franco werk	32.400,00	ton	75,00	2.430.000	43,76 %
Subtotaal 40030			granulaat/puin				2.430.000	43,76 %
Subtotaal			KOOP 1				2.430.000 EUR	43,76 %
ONDERAANNEMING								
80000	3000	801171	BAM DLP kosten		EUR			
Subtotaal 80000			Onderaanneming algemeen					
Subtotaal			ONDERAANNEMING				0 EUR	
OVERIG								
98000	3000	901014	bankgarantie		EUR			
98000	3000	901041	CAR-verzekering (0,23%)		EUR			

BAM Infra Regio West Wegen

Kostensoorten

code	leverancier	middel	omschrijving	hoeveelheid eh	ehprijs	bedrag % kostprijs
98000	3000	901081	vermogenskosten (rente)	EUR		
98000	3000	901091	risico regeling voorziening	EUR		
98000	3000	906004	kosten VISI	EUR		
Subtotaal 98000			Eenmalige kosten			
Subtotaal			OVERIG			0 EUR
Niet gespecificeerd				Kostprijs	5.553.632 EUR	

BAM Infra Regio West Wegen
Recapitulatie calculatiekolommen

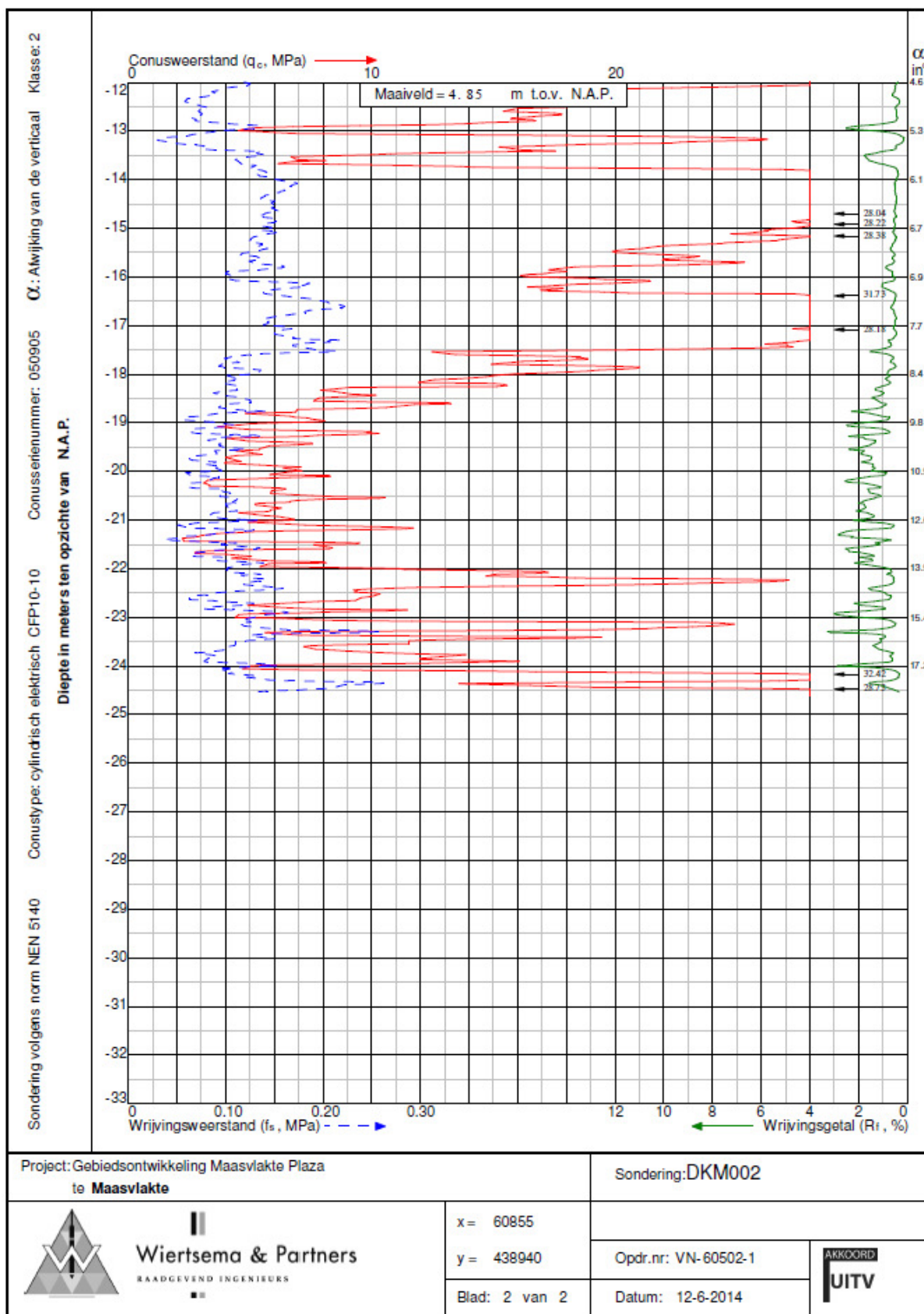
<i>calculatiekolom</i>	<i>bedrag</i>	<i>% kostprijs</i>
LOON	14.017	0,25 %
MATERIEEL	1.654.682	29,79 %
ASFALT	1.454.933	26,20 %
KOOP 1	2.430.000	43,76 %
KOOP 2		
ONDERAANNEMING		
OVERIG		
STELPOST		
Niet gespecificeerd		
Kostprijs	5.553.632	EUR

BAM Infra Regio West Wegen
Recapitulatie posten t/m niveau 1

<i>code</i>	<i>omschrijving</i>	<i>hoeveelheid</i>	<i>eh.</i>	<i>bedrag</i>	<i>% kostprijs</i>
1	Variant 7			5.553.632	100,00 %
Subtotaal				5.553.632	EUR
9	STAARTPOSTEN				
Kostprijs				5.553.632	EUR

Bijlage 7:

Sondering bestaande ondergrond



Bijlage 8:

Onderbouwing MCA kostenefficiëntie

Kostprijs	<€ scoot 5	score
Variant 1	€ 2.746.268,00	4
Variant 2	€ 2.653.595,00	5
Variant 7	€ 5.553.632,00	1

Onderhoudbaarheid: Minst onderhoud + minste kosten scoot 5	
Variant 1	4
Variant 2	5
Variant 7	5

Technische Levensduur: hoe langer hoe hoger de score	
Variant 1	5
Variant 2	4
Variant 7	4

Herbruikbaarheid: Bij vrijkomen direct te hergebruiken	
Variant 1	5
Variant 2	5
Variant 7	3

CO2 productie aanleg: hoe meer CO2 hoe lager score	
Variant 1	5
Variant 2	4
Variant 7	1

Restwaarde: hoe lager stortkosten hoe hoger score	
Variant 1	4
Variant 2	5
Variant 7	2