

e110314401

Vandolith® G als wegfunderingsmateriaal

Projectnummer : e110314401 (update van e0300673)
Offertenummer en datum : ---
Titel rapport : Vandolith G als wegfunderingsmateriaal
Status rapport : concept

Naam opdrachtgever : BAG BV
Adres : Industrieweg 1
Plaats : 6114 KP SUSTEREN
Naam contactpersoon : de heer ing. Tony Smits
Datum opdracht : ---
Kenmerk opdracht : ---

Contactpersoon KOAC•NPC : dr.ir. C.A.P.M. van Gurp
Auteur(s) rapport : ir. J.M.M. van der Loo, ir. R.H.J. Diele,
dr.ir. C.A.P.M. van Gurp

Rapportage

Naam: dr.ir. C.A.P.M. van Gurp
Functie: manager sector Onderzoek
en Advies
Handtekening:

Autorisatie

Naam: ing. E. Gerritse
Functie: manager sector Onderzoek
en Advies
Handtekening:

Datum: 15 september 2011

Datum: 15 september 2011

Zonder schriftelijke toestemming van KOAC•NPC mag het rapport niet anders dan in zijn geheel worden gereproduceerd.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Funderingen	4
1.2	Funderingsmaterialen	4
1.3	Civieltechnische aspecten.....	5
1.4	Dimensionering	5
2	Levensduur	7
3	Vandolith® G	8
3.1	Product	8
3.2	Milieuhygiënisch onderzoek	8
3.3	Uitvoering	8
3.4	Klein onderhoud met Vandolith® G	9
4	Materiaaleigenschappen	10
4.1	Algemeen	10
4.2	Ontwerpvoorbeelden.....	11
5	Kosten-batenanalyse	14

- Bijlage 1 Intensiteit en samenstelling verkeer
Bijlage 2 Ontwerpvoorbeelden klei ondergrond
Bijlage 3 Ontwerpvoorbeelden zand ondergrond

1 Inleiding

In opdracht van BAG BV heeft KOAC•NPC berekeningen uitgevoerd met toepassing van Vandolith® G als funderingsmateriaal in de wegenbouw.

1.1 Funderingen

In de wegenbouw heeft een fundering de functie om de verkeerslasten zodanig te spreiden dat vervormingen en spanningen in dieper gelegen lagen beperkt blijven. Ook de fundering zelf mag hierbij niet te veel vervormen. Zeker bij zwaar belaste verhardingen is het toepassen van een fundering vaak onontkoombaar.

Traditionele funderingsmaterialen als hoogovenslakken en fosforslakken zijn in toenemende mate niet in grote hoeveelheden beschikbaar. Hierdoor en door een toenemend milieubewustzijn wordt bouw- en sloopafval geschikt gemaakt voor hergebruik in funderingen. Dit geldt ook voor grond en baggerslib dat, mits in gebonden vorm (immobilisaat), niet-milieubelastend kan worden aangewend. Bij de keuze voor een funderingsmateriaal spelen behalve milieuoverwegingen ook materiaaleigenschappen en kosten voor aanleg en onderhoud een belangrijke rol.

1.2 Funderingsmaterialen

Wegfunderingen kunnen naar samenstelling en gedrag in drie soorten worden onderscheiden.

Een **ongebonden fundering** bestaat uit een laag ongebonden steenachtig materiaal. Het last-sprekend vermogen bij dit type fundering wordt bepaald door de gradering van de korrels waaruit het is opgebouwd, de korrelvorm en -grootte. Het korrelskelet moet bij belastingen weerstand bieden tegen afschuiving en drukkrachten. De korrels zelf moeten voldoende bestand zijn tegen verbrijzeling. Voorbeelden van ongebonden funderingsmaterialen zijn lava, metselwerkgranulaat en menggranulaat. Voor zwaardere belaste verhardingen kan alleen het laatste materiaal worden gebruikt.

Zelfbindende funderingen bestaan uit een steenachtig materiaal dat zijn (zelf)binding ontleent aan de kitwerking van met name de fijne fractie. De fundering vormt hierdoor een stijver geheel. Het bindingsproces is afhankelijk van specifieke omstandigheden en de stijfheid ontwikkelt zich in de loop van een aantal maanden. In tegenstelling tot ongebonden materialen kan een zelfbindende fundering enige rek opnemen. Tot deze categorie materialen behoren hoogoven- en fosforslakken, betongranulaat en hydraulisch menggranulaat.

Bij **gebonden funderingen** wordt de bindende werking van granulaat of zand veroorzaakt door de toevoeging van cement of een combinatie van cement en bitumen. Door de hoge stijfheid gedraagt de funderingslaag zich als een homogene plaat. Het materiaal kan zoveel trekspanningen opnemen dat bij de dimensionering de toelaatbare rek onderin de fundering een belangrijk ontwerpcriterium is.

Bij cementgebonden funderingen treden vaak krimp-scheuren op die kunnen doordringen in de asfaltconstructie (reflectiescheuren). Door vóór het uitharden van de gestabiliseerde laag op regelmatige afstand kerven te maken (circa een derde deel van de hoogte) kan het patroon van scheuren vooraf worden vastgelegd. Door binnen 24 uur op de fundering een asfaltlaag aan te brengen wordt het ontstaan van scheuren tegengegaan. Ook heeft de ervaring geleerd dat bij een totale asfaltdikte van minimaal 120 à 140 mm het optreden van reflectiescheuren aanzienlijk wordt beperkt.

1.3 Civieltechnische aspecten

Een verhardingsconstructie wordt ontworpen op basis van de eis, dat de verschillende lagen ervan voldoende structurele sterkte moeten bezitten. Dit wil zeggen, dat gedurende de levensduur de verschillende lagen weerstand moeten bieden tegen vermoeiing, scheurvorming en blijvende vervorming onder de te verwachten belastingen. De laagdikten en materiaaleigenschappen dienen hierop te worden afgestemd.

1.4 Dimensionering

Ontwerpmethoden voor het dimensioneren van asfaltverhardingen op sterkte gaan uit van mogelijk maatgevende vervormingen (rekken) in de verschillende onderdelen:

- horizontale rek in de asfaltconstructie
- horizontale rek in een gebonden funderingsmateriaal
- verticale vervorming boven in de onderfundering en ondergrond

Door het herhaald optreden van de rek onder aslasten treedt vermoeiing op. Dit wil zeggen dat de mechanische eigenschappen van het oorspronkelijk materiaal gedurende de levensduur veranderen, waardoor een belasting later in de tijd aangebracht meer schade veroorzaakt dan een belasting van dezelfde grootte in de beginperiode. Bij asfaltlagen uit zich dit in scheurvorming die veelal onderin de laag ontstaat en na een bepaald aantal wielovergangen doorgroeit naar het oppervlak.

Ook bij gebonden funderingen treedt een vergelijkbaar verschijnsel op. Scheuren ontstaan aan de onderzijde van de plaat, groeien door tot het grensvlak van asfalt en fundering. Vervolgens kunnen evenals bij krimp-scheuren reflectiescheuren (in lengterichting van het wegvak) voorkomen. Bij de ondergrond treedt door het herhalings-effect ook een soort bezwijkstadium op. De ondergrond vervormt en de bovenliggende lagen, dus ook het oppervlak, volgt deze vervorming (spoorvorming).

Omdat de optredende aslasten sterk kunnen variëren (bij vrachtauto's tot 200 kN) zullen ook de optredende rekken wisselend zijn. Bij asfalt en ook bij verticale deformatie (stuik) van de ondergrond bestaat er echter een relatie tussen de belasting en de daardoor veroorzaakte rek. Hiermee kunnen alle aslasten omgerekend worden naar een 'standaard' last, het zogenaamde equivalent aantal standaardaslasten. Zo komt een aslast van 150 kN in termen van schade-brengend effect in asfalt overeen met 5 aslasten van 100 kN (zware vrachtauto) of circa 200 lasten van 40 kN (lichte vrachtauto).

Bij cementgebonden funderingen kunnen aslasten niet onder een noemer gebracht worden. Het effect van iedere aslast (rek) moet afzonderlijk worden bepaald en getoetst aan de vermoeiingseigenschappen van het materiaal. Het te verwachten aslastspectrum moet hiervan bekend zijn.

Tegenwoordig wordt in plaats van de vermoeiingsrek de maximaal toelaatbare rek onder in de gebonden fundering bepaald onder de zwaarste aslast die op een weg voor zal komen.

Met het in 2011 door CROW uitgebrachte dimensioneringsprogramma OIA (Ontwerpinstrumentarium Asphaltconstructies) kan de gebruiker tal van materialen in de database invoeren en een wegoebouw dimensioneren waarbij met alle relevante ontwerpcriteria rekening is gehouden.

2 Levensduur

Zoals geen enkele constructie zal ook een wegverharding niet voor een onbeperkte tijdsduur worden aangelegd. Door het gebruik treedt slijtage op, wat aanleiding geeft tot klein of ingrijpend onderhoud. In technische termen wordt het einde van de levensduur van een verharding bereikt indien een of meerdere onderdelen zodanig zijn aangetast dat zij nauwelijks nog een bijdrage leveren aan het lastspreidend vermogen. Dit uit zich in uitgebreide scheuren- en/of spoorvorming waardoor er zich problemen kunnen voordoen ten aanzien van het gebruik, stabiliteit en snelheid van het transport. Naarmate de oorzaak van desintegratie dieper in de constructie gelegen is, zullen de benodigde maatregelen voor rehabilitatie ingrijpender zijn.

Om deze kapitaalvernietiging te voorkomen kan (preventief) groot onderhoud worden uitgevoerd of kan een constructie zodanig worden ontworpen, dat binnen de levensduur relatief eenvoudig onderhoud mogelijk blijft. Te denken valt hierbij aan het vervangen van een deklaag al of niet in combinatie met een versterkingslaag. Een basis hiervoor is een goed gedimensioneerde fundering. Kleinere gebreken zoals lichte scheuren, plaatselijke verzakkingen en gaten kunnen zeker bij asfalt snel en veelal machinaal worden gerepareerd. Dit zogenaamde klein onderhoud is een onderdeel van de instandhouding van de verharding.

3 Vandolith® G

3.1 Product

Het product Vandolith® G kan worden omschreven als een grondcementstabilisatie. Voor productie (mix-in-plant) wordt de grond gezeefd en ontdaan van alle grove verontreinigingen. De grond wordt gekenmerkt door een hoog percentage fijne fractie. Daarnaast bevindt zich in het materiaal circa 3% humus. Op basis van de grondeigenschappen zoals deze in clusters worden opgeslagen, wordt het percentage toe te voegen cement bepaald om een homogeen eindproduct te krijgen. Een gedeelte van het cement gaat verloren door middel van een chemische verbinding met de aanwezige humus. Het resultaat is een korrelig materiaal dat zich eenvoudig laat verwerken.

Vanwege deze eigenschappen gedraagt het materiaal zich taai. Bij extreem belastingen van het materiaal is eerder sprake van een zogenaamd vloeigedrag in tegenstelling met zandcement dat zich veel brosser gedraagt.

3.2 Milieuhygiënisch onderzoek

Vandolith® G wordt geproduceerd uit verontreinigde grond en puin. Deze secundaire grondstoffen worden met anorganische binders uitgehard tot een gebonden laag. De funderingslaag van Vandolith® G moet net als elk materiaal dat in de wegenbouw wordt gebruikt voldoen aan de eisen van het Besluit Bodemkwaliteit. Voor 2005 kon de milieuhygiënische kwaliteit van het geleverde Vandolith® G enkel worden vastgesteld middels partijkeuringen conform AP04. Sedert 2005 beschikt BAG BV over het KOMO® productcertificaat van de nationale beoordelingsrichtlijn 9322. Middels dit certificaat wordt gegarandeerd dat de milieuhygiënische en fysische kwaliteit van het uit te leveren Vandolith® G te allen tijde voldoet aan de eisen van het Besluit Bodemkwaliteit.

3.3 Uitvoering

De productie van de Vandolith® G is niet locatiegebonden omdat BAG BV beschikt over een mobiele installatie.

Door de toevoeging van het cement verandert de fysische samenstelling van het materiaal. Hierdoor is het noodzakelijk dat vanaf het productietijdstip het materiaal binnen zes uur wordt verwerkt tot het eindresultaat. Voor het vervoer kan gebruik worden gemaakt van reguliere zandauto's. De maximale aanrijtijd is ongeveer een uur (circa 60 km van productielocatie).

Op het werk wordt het materiaal verspreid met een graafmachine, shovel of bulldozer. Voor grotere werken kan een grader worden ingezet. De werkwijze is om het funderingsmateriaal te dik aan te brengen en het vervolgens tot de gewenste dikte af te schrapen.

Het is niet mogelijk om eventuele gaten of oneffenheden aan te vullen, doordat het bindingsproces dan zover is gevorderd, dat de op elkaar liggende lagen niet meer aan elkaar zullen hechten.

Binnen genoemde zes uur dient het materiaal te zijn ingebracht, verdicht, geprofileerd en opnieuw worden verdicht.

3.4 Klein onderhoud met Vandolith® G

Binnen de bebouwde kom is het hoofdriool veelal onder het hart van de weg gelegen. Wanneer er onderhoudswerkzaamheden aan dit riool worden uitgevoerd, moet de bestaande verhardingsconstructie worden opgebroken. Veelal is dan sprake van een volledige reconstructie. Echter voor kleine onderhoudswerkzaamheden, zoals het aanpassen of aansluiten van een extra huis- of kolkaansluiting hoeft slecht een klein gedeelte van de verhardingsconstructie te worden verwijderd. Voor asfalt zal dit veelal met een sloophamer gebeuren, bij een elementenverharding zullen de stenen met de hand worden uitgenomen.

De Vandolith® G-fundering moet eveneens met de sloophamer worden opengebrouwen en separaat worden verwijderd. Na voltooiing van de werkzaamheden is het van groot belang opnieuw de verhardingsconstructie in kwalitatief opzicht nauwkeurig op te bouwen. Dit houdt in dat het oorspronkelijke gebonden funderingsmateriaal opnieuw tot binding moet worden gebracht. Dit wordt bereikt door het gescheiden gehouden funderingsmateriaal te mengen met circa 5% water en 5% cement. Dit mengsel kan in de bouwsleuf met behulp van een stamper of zware trilplaat tot verdichting worden gebracht. Vergeleken met ongebonden en licht gebonden funderingsmaterialen heeft de cementgebonden fundering minder de neiging tot nazakken.

Bij deze werkwijze zal een gedeelte van het funderingsmateriaal verloren gaan (vermenging met andere bouwstoffen, etc), waardoor in sommige gevallen extra funderingsmateriaal moet worden aangetrokken. Indien de wens bestaat om nieuw funderingsmateriaal aan te brengen, bestaat de mogelijkheid om de vrijgekomen materialen bij de leverancier te retourneren. In hetzelfde transport kan vervolgens een 'verse' lading Vandolith® G worden teruggenomen naar de bouwlocatie.

Qua kosten zal dit plaatselijk onderhoud vergelijkbaar zijn met dat bij traditionele verhardingen.

4 Materiaaleigenschappen

4.1 Algemeen

De keuze van verhardingsmaterialen heeft een sterke wisselwerking met de situatie waarin ze toegepast gaan worden. Zaken als eigenschappen van de ondergrond, bouwmaterialen die voor de realisatie voorhanden zijn en het gedrag van die lagen in de tijd moeten evenals het te verwachten verkeer, worden geïnventariseerd. Bij de keuze van een funderingsmateriaal zijn de mate van lastspreiding en de weerstand tegen herhaalde belasting (vermoeiing) van belang. De mate van lastspreiding kan weergegeven worden in een waarde van de draagkracht ervan (elasticiteitsmodulus of stijfheidsmodulus). Naarmate deze groter is zal de ondergrond minder belast worden. Daarnaast kan door het spreidend vermogen van het funderingsmateriaal eventueel een reductie op de laagdikte van het asfalt worden toegepast. Dit houdt in dat deze laatste laag dunner kan worden.

Hoewel zelfbindende funderingsmaterialen een geringe trekspanning kunnen opnemen wordt alleen bij gebonden funderingen gerekend in termen van toelaatbare rekken.

Op basis van metingen en ervaringen kunnen de in Tabel 1 getoonde kentallen voor de karakterisering van verschillende funderingsmaterialen worden gebruikt.

Tabel 1 Stijfheidskarakteristieken van wegfunderingsmaterialen

Materiaal	Stijfheidsmodulus MPa
menggranulaat	100 - 700
hydraulisch menggranulaat	200 - 2000
hoogovenslakken	400 - 1500
betongranulaat	200 - 2000
zandcement	2000 - 8000
Vandolith® G	2500 - 4000

Voor Vandolith® G gelden tevens de volgende eigenschappen:

- volumieke massa : 2000 kg/m³
- uniaxiale druksterkte : 1,5 - 4,0 MPa
- buigtreksterkte : 0,35 - 2,5 MPa

Om verschillende constructies te kunnen vergelijken zijn de volgende kentallen als ontwerpwaarde gehanteerd.

Tabel 2 Ontwerpwaarden stijfheid wegfundering

Materiaal	Elasticiteitsmodulus MPa
menggranulaat	300
betongranulaat	600
Vandolith®	2500

De dwarscontractiecoëfficiënt (Poissongetal) voor Vandolith® G is gesteld op 0,25 en voor de beide andere materialen op 0,35.

De vermoeiingsrelatie voor Vandolith® is gebaseerd op twee punten (met een lineair verloop op logaritmische schaal ertussen):

- éénmalige toelaatbare rek : 140 µm/m
- onbeperkt toelaatbare rek : < 50 µm/m

4.2 Ontwerpvoorbeelden

Voor een aantal omstandigheden zijn dimensioneringsberekeningen uitgevoerd. Deze hebben betrekking op de draagkracht van de ondergrond en de verkeersbelasting.

Bij de ondergrond zijn onderscheiden vaste klei met een stijfheid van 50 MPa en leemhoudend of fijn zand met een stijfheid van 100 MPa.

Als voorbeelden worden de volgende wegtypen beschouwd:

- autosnelweg
- interlokale weg
- stadsontsluitingsweg
- verbindingsweg

Voor details over de samenstelling en intensiteit van het verkeer wordt verwezen naar bijlage 1. De resultaten van de dimensionering zijn weergegeven in bijlage 2 en 3.

Twee voorbeelden zijn hieronder nader uitgewerkt.

4.2.1 Interlokale weg

De interlokale weg (met veel zwaar verkeer) ligt op leemhoudend zand met een fundering van 300 mm hydraulisch menggranulaat

Opbouw asfaltconstructie voor een totale ontwerpperiode van 30 jaar.

- | | | | |
|---|---------------------------------|-------|-------------------------|
| - | fase 1 (ontwerpperiode 20 jaar) | 50 mm | AC base |
| | | 50 mm | AC base |
| | | 40 mm | AC bind |
| | | 35 mm | AC surf |
| - | fase 2 (onderhoud na 15 jaar) | 35 mm | frezen en
aanbrengen |
| | | 40 mm | AC bind |
| | | 40 mm | AC surf |

Alternatief met een fundering van 450 mm Vandolith® G

-	fase 1 (levensduur fundering 30 jaar)	70 mm	AC base
		40 mm	AC bind
		35 mm	AC surf
-	fase 2 (onderhoud na 15 jaar)	35 mm	frezen en aanbrengen
		35 mm	AC surf

Uitgangspunt hierbij is, dat de levensduur van de deklaag circa 15 jaar is.

4.2.2 Omleidingsroute

De omleidingsroute ligt op leemhoudend zand ($E = 120 \text{ MPa}$) met een fundering van 400 mm menggranulaat

-	opbouw asfaltconstructie	70 mm	AC base
		70 mm	AC base
		40 mm	AC bind
		40 mm	AC surf

De levensduur van de wegconstructie bedraagt 6,9 miljoen equivalente herhalingen van een 100 kN aslast. Bij een aslastspectrum voor een interlokale weg, komt dit overeen met een ontwerp levensduur van circa 28 jaar.

Circa 15 jaar na aanleg dient de deklaag te worden vervangen.

Alternatief met een fundering van 350 mm Vandolith® G

-	opbouw asfaltconstructie	50 mm	AC base
		50 mm	AC base
		40 mm	AC bind
		40 mm	AC surf

Het toelaatbaar aantal aslasten voor deze constructie wordt in

Tabel 3 Toelaatbaar aantal aslasten voor doorgerekende wegconstructie

Aslast (kN)		Aantal
180 -	200	3000
160 -	180	13000
140 -	160	70000
120 -	140	423000
100 -	120	3450000
80 -	100	4850000

Getoetst aan de conventionele wegverharding met een fundering van menggranulaat wordt met het alternatief een vergelijkbare levensduur bereikt. Ook hierbij moet de deklaag na 15 jaar worden vervangen.

5 Kosten-batenanalyse

Voor beide uitgewerkte voorbeelden is een kosten-batenanalyse uitgevoerd, waarbij de volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- weglengte 1000 m
- wegbreedte 7 m
- inflatie 2 %
- rente 3 %

Tabel 4 Eenheidskosten gebruikt in kosten-batenanalyse

Materiaal	Kosten per eenheid (€)
menggranulaat (400 mm)	6,50 / m ²
hydraulisch menggranulaat (300 mm)	7,50 / m ²
Vandolith® G (350 mm)	5,25 / m ²
Vandolith® G (450 mm)	6,50 / m ²
steenslagasfaltbeton	47,00 / ton
dicht asfaltbeton	54,00 / ton
frezen 35 - 40 mm	4,70 / m ²

De kosten zullen van jaar tot jaar waarschijnlijk anders zijn, maar zullen zeker voor onderlinge vergelijking van constructievarianten bruikbaar blijven.

In dit rapport zijn twee soorten wegtypes behandeld. Van beide wegtypes is een kosten-batenanalyse uitgevoerd met een klassieke constructie en een constructie met Vandolith®.

Constructie A met 300 mm hydraulisch menggranulaat

De initiële kosten voor constructie A met 300 mm hydraulisch menggranulaat bedragen € 201.425,00. De kosten voor het onderhoud na vijftien jaar bedragen € 217.230,00. De totale kosten van deze constructie over een levensduur van 30 jaar bedragen € 418.655,00. Dit komt overeen met € 59,81 per m².

Constructie A met 450 mm Vandolith® G

De initiële kosten voor constructie A met 450 mm Vandolith® G bedragen € 169.050,00. De kosten voor het onderhoud na vijftien jaar bedragen € 65.975,00. De totale kosten van deze constructie over een levensduur van 28 jaar bedragen € 307.388,00. Dit komt overeen met € 43,91 per m².

Constructie B met 400 mm menggranulaat

De initiële kosten voor constructie B met 400 mm menggranulaat bedragen € 238.350,00. De kosten voor het onderhoud na vijftien jaar bedragen € 70.700,00. De totale kosten van deze constructie over een levensduur van 30 jaar bedragen € 386.595,00. Dit komt overeen met € 55,23 per m².

Constructie B met 350 mm Vandolith® G

De initiële kosten voor constructie B met 350 mm Vandolith® bedragen € 189.700,00. De kosten voor het onderhoud na vijftien jaar bedragen € 70.700,00. De totale kosten van deze constructie over een levensduur van 28 jaar bedragen € 337.945,00. Dit komt overeen met € 48,28 per m².

Intensiteit en samenstelling verkeer

Wegtypen	1	autosnelweg
	2	interlokale weg
	3	stadsontsluitingsweg
	4	verbindingsweg

Kentallen wegtypen

Wegtype	Vrachtauto's per dag/per richting	Aantal dagen per jaar	Aantal assen per vrachtauto	Maximale aslast (kN)
1	8500	270	3,5	200
2	1275	250	3,5	180
3	340	250	3,5	160
4	68	250	3,3	140

Aslastspectrum (percentuele verdeling)

Aslast (kN)	Wegtype			
	1	2	3	4
180 - 200	0,08			
160 - 180	0,12	0,10		
140 - 160	1,00	0,30	0,20	
120 - 140	4,40	1,10	0,60	0,30
100 - 120	8,40	5,20	2,00	1,00
80 - 100	14,00	14,80	9,70	3,40
60 - 80	27,00	19,00	28,00	16,20
40 - 60	26,00	29,50	29,50	46,50
20 - 40	15,00	23,50	23,50	25,00
eq. 100 kN/as	0,494	0,294	0,207	0,115

Bandenspanning

Aslast (kN)	Wiellast (kN)	Spanning (kPa)
180 - 200	47,5	817
160 - 180	42,5	800
140 - 160	37,5	764
120 - 140	32,5	731
100 - 120	27,5	686
80 - 100	22,5	626
60 - 80	17,5	557
40 - 60	12,5	460
20 - 40	7,5	330

Voor breedbanden en toename van aslasten zijn correctiefactoren in rekening gebracht (respectievelijk 1,05 en 1,11).

De jaarlijkse groei van de verkeersbelasting is geraamd op 3% (wegtype 1 en 2) en 2% (wegtype 3 en 4).

Ontwerpvoorbeelden klei ondergrond

Uitgangspunten:

- ondergrond vaste klei ($E = 50 \text{ MPa}$)
- 400 - 500 mm zandbed
- fundering menggranulaat variabele dikte h_2
- benodigde totale asfaltdikte h_1
- wegtype 1 autosnelweg
 2 interlokale weg
 3 stadsontsluitingsweg
 4 verbindingsweg
- ontwerpperioden : 15, 20, 30 en 45 jaar

Ontwerpperiode	Wegtype			
	Dikte fundering h_2 (mm)	Benodigde asfaltdikte h_1 (mm)		
		4	3	2
15 jaar	150	125		
	200	115	180	220
	250	110	175	215
	300	105	165	210
20 jaar	200	125		
	250	120	190	
	300	115	185	220
	350	100	180	215
30 jaar	200	135	205	
	250	130	200	245
	300	125	195	240
	350	120	190	235
45 jaar	250	150	220	265
	300	145	215	260
	350	140	210	255
Alternatief Vandolith® G				
30 jaar	350	150	210	255
	400	120*	170	215
	450	120*	130	175

* minimale laagdikte

Ontwerpvoorbeelden zand ondergrond

Uitgangspunten:

- ondergrond leemhoudend of fijn zand ($E = 100 \text{ MPa}$)
- fundering hydraulisch menggranulaat variabele dikte h_2
- benodigde totale asfaltdikte h_1
- wegtype 1 autosnelweg
 2 interlokale weg
 3 stadsontsluitingsweg
 4 verbindingsweg
- ontwerpperioden : 15, 20, 30 en 45 jaar

Ontwerpperiode	Wegtype				
	Dikte fundering h_2 (mm)	Benodigde asfaltdikte h_1 (mm)			
		4	3	2	1
15 jaar	200	80*	135		
	250	80*	125	170	
	300	80*	120	165	
	350	80*	110	155	240
20 jaar	200	80*	150		
	250	80*	140	185	
	300	80*	135	175	
	350	80*	130	170	255
30 jaar	200	80*	165		
	250	80*	155	200	
	300	80*	150	195	
	350	80*	145	190	280
45 jaar	200	105	180		
	250	90	175	225	
	300	80*	170	220	
	350	80*	160	215	
Alternatief Vandolith® G					
30 jaar	350	125			
	400	120*	180	180	250
	450	120*	145	145	215

* minimale laagdikte