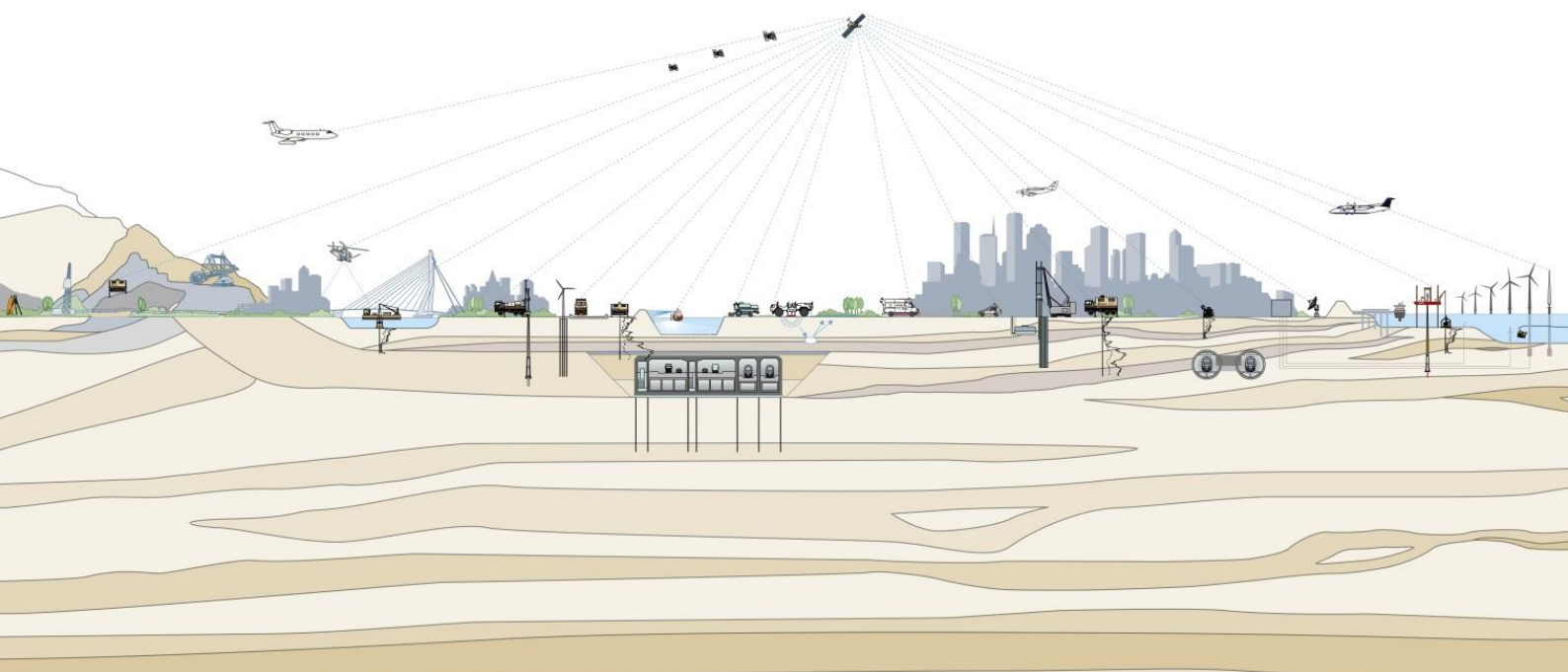


Van Teylingenweg Oostzijde te Woerden Haalbaarheidsstudie Massastabilisatie

Document Nr.: 1119-0007-000

Versie: 2

Datum: 27 november 2019



Opdrachtgever Gemeente Woerden
Postbus 45
3440 AA WOERDEN

Opdrachtnemer Fugro NL Land B.V.
Veurse Achterweg 10
Postbus 63
2260 AB Leidschendam
T 070 31 11333

Projectleider ir F.A.N. Hogervorst
Senior Adviseur Hydrologie
T 070 31 11367

Versiebeheer

1.0	Voorlopig klantversie Te beschouwen als niet verzonden	FNH			2 juli 2019
1.1	Definitieve versie Te beschouwen als niet verzonden	FNH	n.v.t.	n.v.t.	11 november 2019
2.0	tweede versie	FNH	DB/VL	DB	27 november 2019
Rev	Omschrijving	Opgesteld	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

INHOUDSOPGAVE

1.	STAPPENINDELING HAALBAARHEIDSSANALYSE MASSASTABILISATIE	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Massastabilisatie als mogelijke oplossing	3
1.3	Stappenindeling	4
1.4	Aanbevelingen	4
2.	OVERZICHT EN TECHNISCHE KENMERKEN VAN MASSASTABILISATIE-MENGSELS	6
2.1	Moedermateriaal	6
2.1.1	Bodem	6
2.1.2	Hydrologie en watersysteem rondom Kamerik	7
2.2	Bestaande weg	7
2.2.1	Hoogteligging	7
2.2.2	Hoe om te gaan met het bestaande wegcunetmateriaal	8
2.3	Poedervormige mixen en toeslagstoffen	9
2.3.1	Bindmiddelen en hun werking	9
2.3.2	Meetresultaten	11
2.4	Algemene resultaten voor mineraalarm veen:	11
3.	PRAKTISCHE HAALBAARHEID	13
3.1	Contact Pleistocene: diffusie en uitpersing	14
3.2	Aandachtspunten voor uitvoeringskwaliteit bij voorbereiding en uitvoering:	14
3.3	Conclusie / aanbeveling	15
4.	VERGUNBAARHEID	16
4.1	Vergunningseisen	16
4.2	Beïnvloeding omgevingskwaliteit en de toetsingsmethoden	17
4.3	Situatie veenwegen rondom Woerden	18
4.4	Conclusie	19
5.	FINANCIËLE HAALBAARHEID	20
5.1	Productiesnelheid	20
5.2	Materiaalverbruik	20
5.3	Onderzoekskosten	21
5.3.1	Ontwerp en materiaaltests	21
5.3.2	Uitloogonderzoek	21
5.3.3	Materiaal hergebruik	21
5.4	Oeverbescherming / beheersmaatregelen	21
5.5	Doorlooptijd	21

BIJLAGEN

A. OVERZICHTSTABELLEN RESULTATEN LABONDERZOEK DIVERSE PROJECTEN

- A.1 testresultaten in Veen Noord Nederland
- A.2 Testresultaten in veen Noord-Holland
- A.3 Testresultaten veen Zuid-Holland

B. ALGEMEEN

- B.1 Allustab Masstabilisation manual
- B.2 Sondering Kamerik 2009

C. LITERATUUR

- C.1 Materialen en mengsels
- C.2 Toepassingen in niet vlakke ruimte
- C.3 Milieu aspecten

1. STAPPENINDELING HAALBAARHEIDSANALYSE MASSASTABILISATIE

1.1 Aanleiding

De Van Teylingenweg strekt zich 7,3 kilometer ver uit ten noorden van Woerden Langs Kamerik en De Kanis. De weg is niet gefundeerd en zakt gestaag weg in het veen onder haar eigen massa en verkeersbelastingen, die vanwege de bedrijvigheid langs de weg naar verwachting nog zullen toenemen. De weg vraagt regelmatig onderhoud, ze is ook onveilig bevonden vanwege een tekort aan passeerstroken. De gemeente Woerden heeft laten onderzoeken hoe de verkeerssituatie kan worden verbeterd (Sweco 2018, SWNL0230282).

Eeuwenlang was het de gewoonte om het oppervlaktewater mee te laten dalen met het maaiveld om de veenweidegebieden productief te houden. Omdat belangen van andere functies teveel worden geschaad, komt daar langzamerhand een einde aan. Denk daarbij aan o.a.: Funderingsproblematiek (standpunt KCAF), oppervlaktewaterkwaliteit, CO₂ uitstoot en Regionale waterkeringen. De problematiek van veenklink is al decennia lang een verhit onderwerp (PBL pb:1064 2019, Techn. Bulletin ICW 102 1977, Vierde nota waterhuishouding 1997). De polder met de meest uitgesproken bodemdalingsproblematiek "Groot Mijdrecht", ligt direct ten noorden van de Van Teylingenweg. Groot Mijdrecht heeft nationale aandacht gekregen bij monde van de commissie Remkes (2007).

1.2 Massastabilisatie als mogelijke oplossing

Het doel is om op een duurzame wijze een einde te maken aan de daling van de weg en de schade door overbelasting. Massastabilisatie wordt verkend als één van de duurzamere opties om de weg structureel te versterken, maar het ontbreekt de gemeente Woerden aan voldoende informatie om een vergelijking te kunnen maken met gangbare oplossingen. De methode massastabilisatie omvat een scala aan combinaties van bindmiddelen en concentraties waarmee "slappe" bodemmateriële kunnen worden versterkt. Bij massastabilisatie wordt met bijvoorbeeld een rupskraan met draaiende schoepen poedervormig bindmiddel met de grond gemengd. In figuur 1 is een afbeelding te zien van een rupskraan die boven- en ondergronds aan het werk is.

De sterkte neemt toe door twee oorzaken: de vorming van een kristallijne structuur die sterk lijkt op een combinatie van klei, beton/cement en gips; en voor een ander deel door het verdrijven en fixeren van water. De milieuvoordelen hangen samen met de relatief beperkte aanvoer van materiaal en het volledige hergebruik van de bestaande bodemmateriële



Figuur 1: Mengarm boven- en ondergronds.

Doel van deze rapportage

Massastabilisatie is in Nederland ondertussen meerdere keren succesvol toegepast in veen, maar er kleven ook nadelen aan. Deze rapportage beoogt de gemeente Woerden te voorzien van de nodige onderbouwing voor de afweging tussen massastabilisatie en andere opties voor de wegverbetering.

1.3 Stappenindeling

Tijdens deze haalbaarheidsanalyse worden vier stappen doorlopen, die in de hoofdstukken 2-4 worden gerapporteerd.

Hoofdstuk 2: Overzicht en technische kenmerken van massastabilisatie-mengsels

Het in kaart brengen van de verschillende mengsels en de ervaringen die daarmee in de praktijk zijn opgedaan vormt de start van de haalbaarheidsanalyse. Daarbij gaat het om de materiaalmengsels die toepasbaar zijn in het materiaal en de omgeving van de Van Teylingenweg.

Hoofdstuk 3: De praktische haalbaarheid

Op basis van gesprekken met aannemers, specialisten van Fugro en raadpleging van projectdossiers zullen de praktische zaken in kaart worden gebracht en beschreven.

Hoofdstuk 4: De vergunbaarheid van de toepassing van massastabilisatie

De ervaringen met recente projecten ten aanzien van de vergunningverlening zijn niet allemaal positief. Door bevoegd gezag wordt met zorg toegezien op massastabilisatie vanwege meerdere risico's die daaraan kleven. Om de huidige standpunten in kaart te brengen zijn twee omgevingsdiensten benaderd, speciaal gericht op de door gemeente Woerden voorgenomen activiteit. Daarbij is het doel om het proces met instemming van alle partijen te laten verlopen en daarnaast ook helderheid te verkrijgen over de nodige tests en randvoorwaarden aan uitvoering en toezicht.

Hoofdstuk 5: De financiële haalbaarheid

Op basis van gesprekken met een aannemer, specialisten van Fugro en raadpleging van projectdossiers zullen de financiële aspecten van deze methode in kaart worden gebracht en beschreven.

1.4 Aanbevelingen

Pilotproject

Een pilotstudie zal de broodnodige praktische ervaringen opleveren op een schaalniveau dat bruikbaar is voor het opstellen van een offerte door de betrokken aannemer. Daarmee worden de risico's voor zowel gemeente als aannemer beperkt. De betrokken omgevingsdiensten kunnen zich hiermee verzekeren van een proportioneel verdeelde aandacht voor de onderdelen waar de grootste risico's zich bevinden voor de omgeving en het milieu. Tevens kunnen de randvoorwaarden aan de methode voor toekomstige aanvragen beter worden onderbouwd als in een pilotproject is aangetoond of er daadwerkelijk problemen kunnen ontstaan, op welk gebied die liggen (techniek of milieu) en op welke termijn die zich voordoen (tijdens realisatie of op langere termijn zoals uitloging of sterkteontwikkeling).

Vooruitlopend op een pilotproject moet eerst een ontwerpproces worden doorlopen. Als massastabilisatie onderdeel uitmaakt van het ontwerp staan de volgende taken centraal:

- de belastingseisen en restzettingseisen vertalen naar vereiste materiaaleigenschappen voor de stabilisatie;
- het ontwerp van de constructie van het wegcunet;
- uit te voeren grondonderzoek voor mengselbepaling (in het geval Massastabilisatie deel uitmaakt van de geselecteerde methoden),
- USC proeven en E50 proeven op lokaal materiaal met vooraf geselecteerde bindermengsels (beperkt aantal op basis van eerder onderzoek en vereiste materiaalsterkte);
- Kolomtests/ uitloogtests op lokaal materiaal;
- het benaderen van een aannemer;
- het maken van een inschatting van hergebruiksmogelijkheden en opzet van logistieke keten;
- Voorbereiden en aanvragen vergunning omgevingswet (met omschrijving van de voorgenomen activiteit);
- indien het aantal of de lengte van de bestaande passeerstroken moet worden uitgebreid is ook een watervergunning noodzakelijk;
- uitvoeren van berekeningen (zie hieronder Plaxis) t.b.v. belastingen en geotechnische optimalisatie,
- opstellen van een monitorings- en begeleidingsplan en uitvoering hiervan tijdens en na uitvoering.

Plaxis 2D simulaties

Massastabilisatie leidt tot een toename van de druksterkte en stijfheid, maar of dat genoeg is kan pas worden bepaald als de belastingen, het wegcunet en de bodemparameters in hun onderlinge samenspel zijn beoordeeld. Omdat in dit geval (Van Teylingenweg) aan weerszijden sloten aanwezig zijn en omdat de oevers soms smal zijn kan de vraag “hoe sterk is sterk genoeg” alleen beantwoord worden met een numeriek 2D model.

Om te komen tot een advies voor een toe te passen mengsel/veenverhouding adviseren wij daarom een aantal berekeningen uit te laten voeren van een wegconstructie met massastabilisatie. Daarvoor ligt het voor de hand om te beginnen met een 2D dwarsdoorsnede in Plaxis, omdat daarmee al een groot aantal realistische belasting scenario's kan worden verkend. Een pilotproject kan daarmee zeer doelgericht worden uitgevoerd en risico's voor tegenvallers kunnen daarmee worden beperkt. Ook kunnen de onderzoekskosten worden beperkt, omdat zowel materiaaleigenschappen als uitloogtests in aantal kunnen worden beperkt. Het optimaliseren van de toe te voegen bindergehaltes in relatie tot de breedte en hoogte van het te stabiliseren veen is zonder dergelijke simulaties niet efficiënt.

Het type weg zoals de Van Teylingenweg komt in alle veengebieden voor. Simulaties bieden met weinig moeite mogelijkheden om scenario's uit te werken voor gelijksoortige situaties zoals dikkere en dunnere veenpakket dikte breedte van wegen en verschillende belasting scenario's.

2. OVERZICHT EN TECHNISCHE KENMERKEN VAN MASSASTABILISATIE-MENGSELS

Door toevoeging van verschillende hoeveelheden mineraalvormende “anorganische bindmiddelen” aan niet draagkrachtige grond zoals veen, kunnen natuurlijke bodemmaterialen worden “verbeterd”. Sterkte eigenschappen van het nieuwe mengsel nemen al sterk toe bij bindmiddelgehaltes tussen 100 en 200 kg/m³. Bij hogere fracties wordt over soilmixtechnieken gesproken waarmee in de grond waterdichte betonwanden worden geconstrueerd. Over het algemeen wordt de “bindmiddelmix” in poedervorm ingeblazen, tijdens het homogeniseren met een trommel (zie Bijlage B1). In alle publicaties wordt gewezen op het grote belang van een aanzienlijke belasting die direct na de bewerking dient te worden aangebracht. Deze eventueel tijdelijke belasting zorgt voor het uitdrijven van het uitgeknede water. De mineraalvorming en consolidatie gaat aanvankelijk snel, maar kan in sommige gevallen honderden dagen voortduren. Hierbij wordt opgemerkt dat het direct realiseren van de wegconstructie een positief effect heeft op het resultaat. De mineraalvorming en consolidatie heeft geen vertragend effect op aanleg en in gebruikname van de weg. Wel moet rekening worden gehouden met het aanbrengen van enige overhoogte.

Massastabilisatie is een variant binnen de familie van soilmixtechnieken, waarbij lage doseringen van de “bindmiddelmix” worden toegepast. Daarmee worden materiaaleigenschappen bereikt die sterk lijken op verschillende consistenties van natuurlijke klei. Het materiaal blijft bij massastabilisatie plastisch.

2.1 Moedermateriaal

2.1.1 Bodem

De Van Teylingenweg ligt in het Utrechtse veengebied, waar de Pleistocene ondergrond wordt aangetroffen op NAP -7 tot NAP -9 meter. Oude sonderingen (Bijlage B2) laten zien dat in de wegconstructie ter hoogte van Kanis nog een kleilaagje voorkomt tot een diepte van maaiveld -2 meter. Daaronder ligt vrijwel direct een metersdik pakket onrijp veen in anoxische toestand, met hoge volumefracties water. De bodemkaart wijst op een afnemende kleidekdikte in noordelijke richting. Op de AHN (hoogtekaart) is duidelijk te zien dat de oude kreekbeddingen niet kruisen met de Van Teylingenweg. De herkomst van het kleidek is de Oude Rijn die gedurende duizenden jaren meerdere laagjes klei over het veenlandschap heeft afgezet. Het gaat daarbij om zware klei met een hoog organische stofgehalte en slechts een zeer beperkte zandfractie. De overstromingen van de Oude Rijn waren over het algemeen het gevolg van hoge zeewaterstanden, waardoor de rivieren ondanks normale afvoer toch buiten hun oevers traden. Hierdoor bevatte dat water voornamelijk zoetwater-kleimineralen en organische stof (Toelichting Bodemkaart van Nederland 1:50:000, Siboka 1976). De gestage inklinking, na ontwatering van de Hollandse veengebieden gedurende de afgelopen 1000 jaar, hebben geleid tot een ophoping van de kleimineralen in de bovengrond.

De veenwegen zijn al honderden jaren in gebruik sinds het begin van de ontginningen. Door pogingen de wegen te verharderen is er een verdichte zone ontstaan, waarvan niet bekend is hoe diep en hoe ver die zone zich in de diepte en haaks op de weg uitstrekt. De kleiondergrond zal ter plaatse van de weg in ieder geval aanzienlijk dieper liggen dan die in de omgeving.

Een belangrijke component die voorkomt in alle bovengronden van veen en klei zijn de zware metalen (lood, kwik, etc.) als gevolg van historische atmosferische neerslag sinds de start van de verbranding

van steenkool en toevoegingen van lood aan voertuigbrandstoffen. Gedurende de laatste decennia van de vorige eeuw liep de loodconcentratie op tot gemiddeld 100 mg/kg in de bovengrond in veen (Nationale Milieuverkenning 2, RIVM 2010). Door het wegvallen van atmosferische depositie dalen de concentraties door vermenging. Als de metalen al mobiel zijn, stroomt bodemwater in veengebieden zeer traag en zeer ondiep richting sloten en greppels. Daar hoopt het zich op de slootbodemon op als bagger. Baggerwerkzaamheden brengen het vervolgens weer op het land terug.

2.1.2 Hydrologie en watersysteem rondom Kamerik

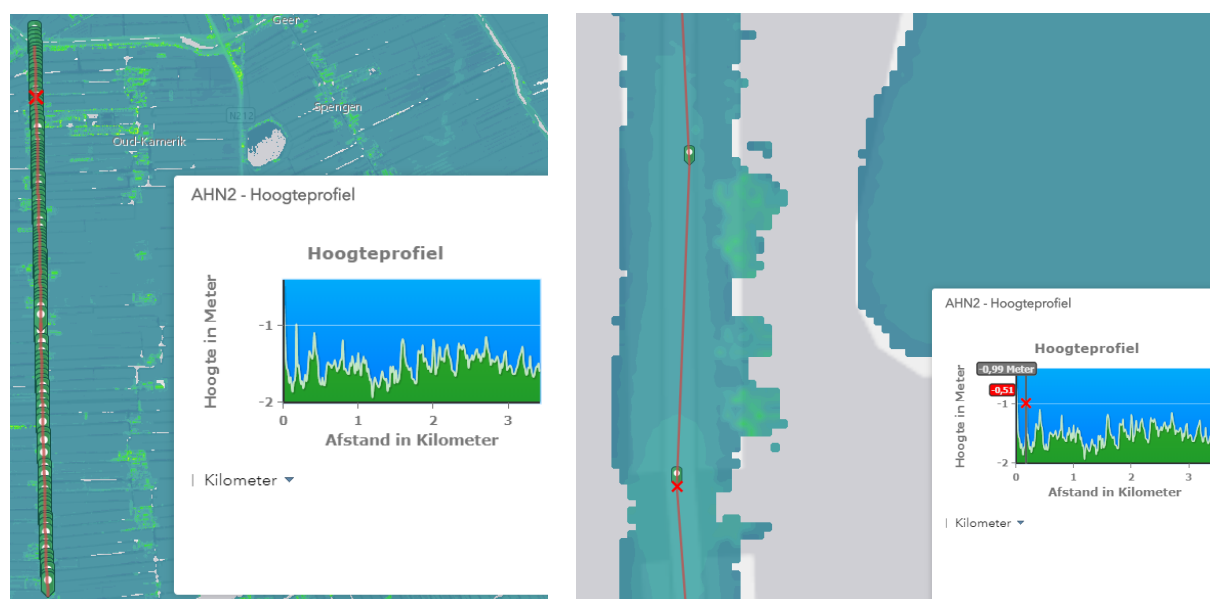
De Grondwaterkaart van Nederland, REGISII en het provinciaal grondwaterplan wijzen allen op een stijghoogte in het eerste watervoerende pakket van ca. NAP -2 m nabij Woerden aflopend tot ca. NAP -3,5 m nabij het Woerdense Verlaat. De oppervlaktewaterstanden rondom de Van Teylingenweg liggen rond NAP -2,1 m. Als gevolg daarvan ligt de Van Teylingenweg bij Woerden in een zone met nagenoeg een evenwichtssituatie (geen/nauwelijks kwel tot geen/nauwelijks inzijging). Richting het Woerdense Verlaat zal sprake zijn van enige infiltratie.

De weg wordt een aantal keer onderbroken door slootjes met bruggen, waardoor de sloten aan weerszijden van de weg met elkaar in contact staan. Er is dus geen drukverschil en dus ook geen stroming door het wegcunet.

2.2 Bestaande weg

2.2.1 Hoogteligging

Op de figuren hieronder is het hoogteprofiel weergegeven van de as van de weg bepaald met de AHN viewer.



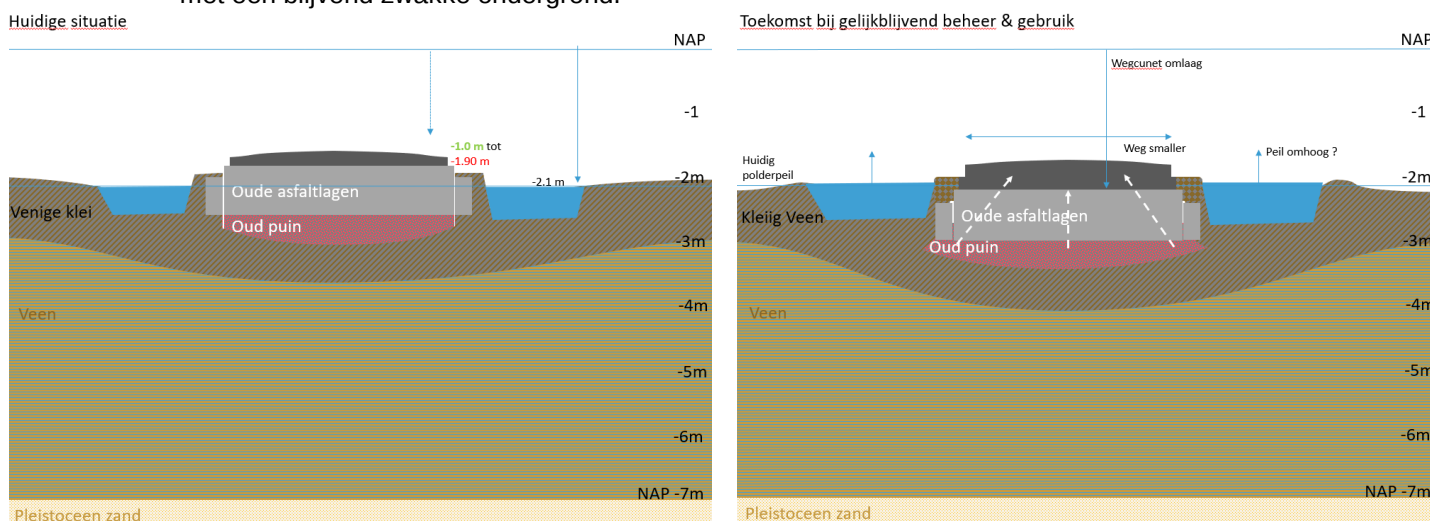
Figuur 2: Hoogteprofiel van de wegas (AHN 3).

Het hoogteprofiel in figuur 2 volgt de wegas ten noorden van De Kanis. Het rode kruis markeert een bruggetje in het noordelijke deel van de weg. Het figuur linksonder is een detail van het figuur

rechtsboven met dezelfde hoogtegrafiek ter hoogte van het bruggetje over de open waterverbinding tussen de flankerende sloten.

Het hoogteprofiel van de weg laat duidelijk de amplitude van de golvende weg zien, ruwweg tussen ca. NAP -1,8 m en ca. NAP – 1 m. Het overgrote deel van de weg ligt tussen ca. NAP -1,7 m en ca. NAP – 1,4 m.

De onderstaande figuur toont schematisch de bestaande situatie met daarnaast de autonome ontwikkeling bij doorgaand beleid van ophogen met nieuw asfalt, een gestaag verder zakkende weg met een blijvend zwakke ondergrond.



Figuur 3: Schets van de bestaande situatie (wegdek NAP -1,5 m) en bij autonome zakking (rechts).

De wegmaterialen in de bestaande weg zijn beschreven in een boorverslag (rapportage Infraboer BRA19126). Daaruit blijkt dat niet alleen het wegdekhoogteniveau, maar ook de dikte en de variatie aan gebruikte materialen zeer variabel zijn. De diepere lagen in de weg zijn overal mengvormen van diverse soorten puin met lokaal teer en insluitingen van venige klei, typisch voor een eeuwenlange geschiedenis van verhardingen.

De bovenstaande figuren laten de diepte van de Pleistocene zandlaag zien in een juiste verhouding tot de wegbreedte. Daarbij zijn de volgende aandachtspunten van belang voor uitvoering van iedere verbeteringswijze:

- De oevers zijn over het algemeen zeer smal (<50cm) en de slootbodem heeft naar verwachting over grote diepte geen substantiële dichtheid of massa; De weg bevat mogelijk verschillende scheuren in de constructie; De weg lijkt op het oog (google Streetview) niet altijd even vlak te liggen; De oevers zijn langs een groot deel van de weg vrij van bomen.

2.2.2 Hoe om te gaan met het bestaande wegcunetmateriaal

Uit een overleg met een met massastabilisatie ervaren aannemer is gebleken dat het doormengen van oud wegcunetmateriaal geen probleem is voor de apparatuur (zie bijlage B, Allustab). Voor deze machines worden geen problemen verwacht in termen van productiesnelheid, noch kans op schade of uitval als gevolg van de oude wegconstructie. Vooruitlopend op het mengwerk moet dan de gehele oude wegconstructie worden opgebroken en vergruist tot fragmenten, die met het daaronder gelegen

natuurlijke materiaal vermengd kan worden. Dit is echter onmogelijk vanwege de kans op het verspreiden van in de weg aanwezige vervuilingen zoals teer en ander afvalstoffen uit historische activiteiten.

Overleg met personeel van de gemeente Woerden heeft geleid tot de voorlopige conclusie dat zelfs als het geen milieu hygiënische knelpunten oplevert alsnog ruimte moet worden gevonden voor een depot voor vergruist materiaal. De capaciteit daarvan zal ca. 2 tot 3 m³ wegmateriaal moeten kunnen bevatten per strekkende meter wegdek, te vermeerderen met 40% in verband met de toename van het volume van gebroken materiaal in vergelijking met het massieve bronmateriaal.

2.3 Poedervormige mixen en toeslagstoffen

De volgende stoffen zijn in het verleden toegepast in poedervormige mixen:

- Portlandcement of hoogovencement,
- Carbonaten van Calcium en Magnesium,
- Gips (anhydriet) van diverse bronnen (zuiver gips en gips van rookgasontzwaveling),
- Oxiden van Calcium (ongebliste kalk) Magnesium (dolomiet), Aluminium en Silicium
- diverse assen van biomassacentrales.

In de vele onderzochte mengsels die verschijnen in de literatuur en labtestresultaten zijn de grondstoffen gecodeerd. De belangrijkste codes voor cementtypen zijn hieronder weergegeven:

CEM I Portlandcement

CEM II mengsel van Portland en Vliegascement (tot 35%_m)'; (toevoeging V voor steenkoolas)

CEM III hoogovencement (Blast furnace)

De toevoegingen LH (Low Hydration heat) HS (High Sulphate resistance) R (Rapid hardening) hebben naar verwachting geen noemenswaardig effect op de toepassing in massastabilisatie.

2.3.1 Bindmiddelen en hun werking

Vrijwel alle bindmiddelen hebben alkalische eigenschappen (splitsen OH⁻ af in contact met water) en allemaal zijn ze anorganisch. Sommige componenten zijn kostbaar of vragen veel energie om het te produceren of aan te voeren. Daarom is ook uitgebreid gezocht naar vervangende middelen die vrijkomen als afvalstoffen zoals vliegassen en bodemassen. Als gevolg van de grote diversiteit aan de verbrandde materialen en toegepaste verbrandingstemperaturen bevatten dergelijke stromen soms zeer hoge gehalten aan niet verbrandbare schadelijke stoffen zoals zware metalen en dergelijke toeslagstoffen

In het geval van carbonaten neemt de pH buffercapaciteit van de mengsels sterk toe. De resulterende mengsels van het moedermateriaal (kleimineralen, organisch materiaal en bodemwater) en de toegevoegde binders en toeslagstoffen kunnen negatieve eigenschappen hebben als ze in ongunstige verhoudingen worden toegepast en als de uitgangsmaterialen schadelijke stoffen bevatten.

Door siliciumtoevoegingen (via bijvoorbeeld bodem- en vliegassen en de silicaten in hoogovencement) kunnen bestaande organische vezels versterken, zoals ook bekend van de veelgebruikte waterglasinjectie in zand (Den Hamer 2009).

Gips en vooral de gedehydrateerde vorm daarvan worden gebruikt als toeslag bij veen, bijna altijd in combinatie met hoogovenslak of cement om Ettringietvorming mogelijk te maken en de pH op niveau te brengen en houden.

Toeslagstoffen zoals bodemassen hebben in veen een gunstige invloed op de minerale samenstelling van het eindproduct. Vanwege de variabiliteit van gehalten schadelijke stoffen van het materiaal wordt alleen gebruik gemaakt van assen van houtovens.

Over het algemeen is de aanwezigheid van natuurlijke klei in het moedermateriaal vanwege de hoge natuurlijke buffercapaciteit een gunstiger uitgangspunt dan puur onrijp veen. In veen is echter de gewenste en de potentieel te bereiken verbetering veel groter.

De toevoeging van meerwaardige ionen heeft als gevolg dat de buffercapaciteit toeneemt. Denies (2015) heeft melding gemaakt van het belang van de meerwaardige ionen voor het in stand blijven van de kristallijne structuren in het materiaal. Daarmee zou de toename van de sterkte door toevoeging van kalkproducten kunnen worden verklaard. Niet alle bronnen wijzen op een gunstig effect in kleiige bodem. In veen is de toevoeging van ongebluste kalk (CaO) gunstig, aangezien het bodemwater in kristalvorm opsluit. De hoge reactiviteit met water en hoge pH leiden in veen ook tot een verhoging van de pH, en in combinatie met kleimineralen na langere tijd (jaren) ook gestaag verdergaande vorming van pozzolane verbindingen.

Vooraf bij onzorgvuldige dosering van bindmiddelen kan de pH en redoxpotentiaal hoog oplopen. Er zijn vele analyses uitgevoerd op een grote veelheid aan experimentele mengsels en na toepassing in het veld beoordeeld op functie en milieueffecten. Daaruit blijken soms onacceptabel grote hoeveelheden zware metalen vrij te komen die voorheen gebonden waren. De herkomst van eventueel uitlogende stoffen is bij het gebruik van zuivere bindmiddelen onvermijdelijk afkomstig uit het moedermateriaal. Naast pH van het materiaal zelf is ook de uitloging van zware metalen naar oppervlaktewater of vrij bodemwater problematisch. Vooral omdat slootwater ook door vee wordt gedronken. Ecosystemen zijn vooral gevoelig voor pH en redoxpotentiaal van water en bodem. Zware metalen hopen zich op in organismen met name aan de predatiekant, hetgeen schadelijk is voor ecosystemen en daarmee dient toepassing van massastabilisatie waarbij zware metalen vrijkomen en in open water terecht komen getoetst te worden aan de normen in de kaderrichtlijn water. Omdat de pH verandering maar van korte duur is, is ook de mobiliteit van zware metalen door de ingreep van korte duur. Hieraan liggen geen berekeningen of metingen ten grondslag.

In alle gevallen leidt de toepassing van massastabilisatie tot een toename van de bulkdichtheid en een afname van het bruto volume door verlies van water. Vooral in mineraalarm veen neemt de druksterkte sterk toe, en daardoor neemt ook altijd de waterdoorlatendheid af. Uit kolomproeven is gebleken dat de doorlatendheid kan toenemen, maar vanwege het gebrek aan een goede verklaring voor het verschil, met eveneens gemeten literatuurwaarden, wordt in dit rapport uitgegaan van een afname van de waterdoorlatendheid in veldcondities. De verschillen in meng-intensiteit en de uitgeoefende samendrukkingskracht na het mengen zijn daarbij een goede kandidaat-verklaring.

2.3.2 Meetresultaten

In de literatuurlijst worden veel bronnen genoemd waarin diverse testresultaten staan vermeld. Opvallende verschillen tussen meetresultaten van druksterkte en stijfheid blijken het gevolg van:

- verschillen in samendrukking na mengen;
- het type veen; goed beschreven in Choice of Binder for Deep Stabilization of Dutch Peaty Soils; (CO-366340/19 1996);
- de hoeveelheid bindmiddelmix per m³ veen.

Fugro voert triaxiaaltesten uit en heeft een gestandaardiseerde UCS test omschreven waarmee alle analysestappen worden gestandaardiseerd. Deze methode is gebaseerd op de EuroSoilStab en Cur 2001-10. De menging, monstervolumes en belastingen zijn voor alle mengsels gelijk.

Tabel 1 best bereikte resultaten met mineraalarm veen

Project	Bindmiddelmengsel	Druksterkte UCS [kN/m ²] Bij vier bindmiddelgehalten				Stijfheid E50 [kN/m ²] Bij vier bindmiddelgehalten			
		100 [kg/m ³]	150 [kg/m ³]	200 [kg/m ³]	400 [kg/m ³]	100 [kg/m ³]	150 [kg/m ³]	200 [kg/m ³]	400 [kg/m ³]
regio	In veen met hoge watergehaltes								
Friesland	Hoogovencement;calstariet:gips 6:1:2	181	600	948	-	23000-	45000	-	-
Noord-Holland	Portlandcement;	229	351 tot 419	-	-	19542-	33547	-	-
Noord-Holland	Hoogovencement;	-	514 tot 948	-	-	14750	23790tot 55000	-	-
Finland (20kPa belast)		-	-	-	100 tot 305	-	-	-	-
Zuid-Holland	Hoogovencement; gips 3:1	17	60	-	-	681	5324	-	-
Zuid-Holland	Viacalco P3	22	100	-	-	681	8365	-	-

De hierboven gepresenteerde tabel betreft een samenvatting en is het eindresultaat van vele tientallen triaxiaaltesten en testen uitgevoerd volgens de Fugro-methode, die met diverse mengsels en moedermaterialen zijn uitgevoerd. Daarbij zijn vooral de waarden in Noord Holland en Friesland een goede indicator vanwege overeenkomende eigenschappen van het moedermateriaal (watergehaltes en kleigehaltes van veen). Literatuurwaarden voor druksterkte in veen suggereren een zeer beperkte toename bij lage doseringen tot 150kg/m³, en pas een relevante toename bij zeer hoge doseringen van 400 kg/m³. De recente metingen uitgevoerd in het lab van Fugro laten veel hogere waarden zien. Die zijn hoopgevend, echter de praktijkwaarden bleken in Zuid Holland na verloop van tijd nog altijd achter te blijven bij de resultaten in het lab.

2.4 Algemene resultaten voor mineraalarm veen:

Hoogovencement in combinatie met Calstariet en gips geven in laagveen al bij lage doseringen aanzienlijke resultaten. Deze resultaten komen overeen met het algemene advies voor veen uit CUR2001-10 Tabel 6.1 (Hoogovencement + gips).

Kalk leidt alleen tot meerwaarde in situaties waar ook klei voorkomt. In de omgeving Van Teylingenweg is de hoeveelheid aanwezige klei naar verwachting niet hoog genoeg voor verantwoorde toepassing van kalk. Een beperkt aantal monsters met ongebluste kalk kan voor de veiligheid worden toegevoegd.

Voor de Van Teylingenweg kan daarom veilig worden geadviseerd om slechts een beperkt aantal testen uit te laten voeren met het mengsel CEMIII-Calstariet-Gips in verhouding 6:1:2. Voordat een hoeveelheid toe te passen materiaal wordt geselecteerd moet allereerst worden bepaald welke sterkte eigenschappen nodig zijn voor het ondersteunen van een nieuwe wegconstructie. Daarin is dus ook de stijfheid van de wegconstructie zelf van belang (zie aanbeveling Plaxis berekeningen).

Om de verschillen tussen praktijk en lab te verkleinen is het van belang om aandacht te besteden aan:

- *de verdichting na het mengen*. Op basis van o.a. Cortallazzo 1999 en Ahnberg 2006 blijkt duidelijk dat aan de samendrukking meer effect kan worden toegeschreven dan aan verhoogde bindmiddelgehaltes.
- *De overlap tussen de bewerkingsvakken* in het veld. Daarmee kan in-homogeniteit worden beperkt.

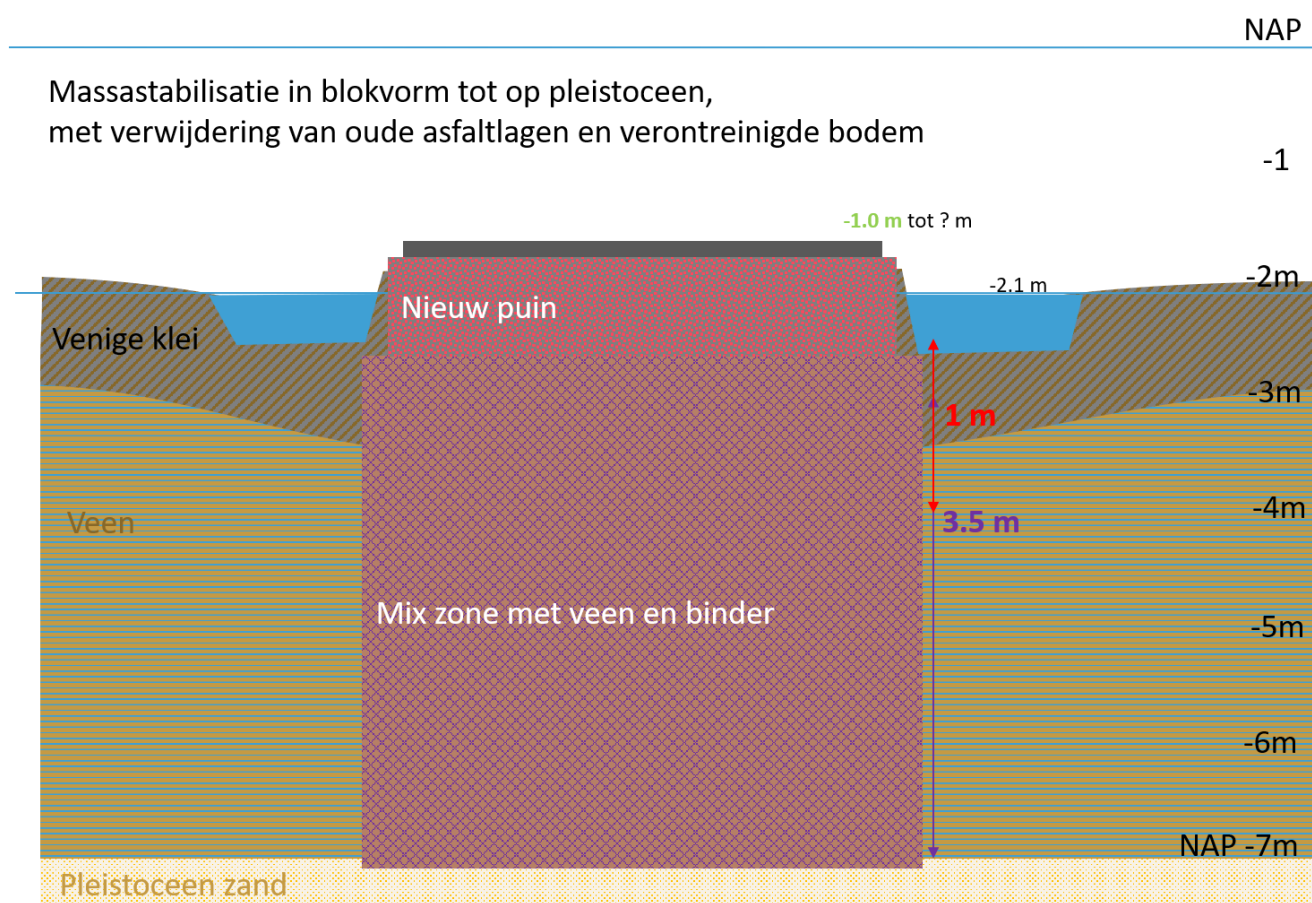
3. PRAKTISCHE HAALBAARHEID

Gezien het voorgaande en de aandachtspunten die volgen uit de wetgeving is een uitvoeringswijze beschouwd waarmee enig zicht ontstaat op een toepassing die de meeste voordelen van massastabilisatie combineert.

Uitgangspunten:

- Bescheiden toepassing van bindmiddelen,
- Minimale gevoeligheid voor onnauwkeurigheden in de uitvoering,
- Afname van de waterdoorlatendheid door ruime belasting direct na bewerking,
- Permanente afwezigheid van kweldruk vanuit Pleistocene zand ten opzichte van open water,
- maximale reductie van nazettingen (hoge nabelasting)
- Minimalisatie van het contact tussen gestabiliseerde bodem en slootwater.

Op basis van deze uitgangspunten ligt het voor de hand om massastabilisatie -als het wordt ingezet- over de gehele diepte van het veenpakket toe te passen. Dit is in een schematische dwarsdoorsnede weergegeven in figuur 4.



Figuur 4: Schets stabilisatie van veen over gehele veenlaagdikte, met nieuw wegcunet.

3.1 Contact Pleistoceen: diffusie en uitpersing

Het contact dat op deze manier ontstaat tussen gestabiliseerd veen en de Pleistocene ondergrond heeft tot gevolg dat diffusie en uitpersing van veenwater lokaal effect zal hebben op de minerale samenstelling van het grondwater. De samenstelling van dieper gelegen veen is zeer zuiverder, want in tegenstelling tot het ondiepe veen is het nooit blootgesteld aan de neerslag van zware metalen. Uitgaande van zuivere bindmiddelen is het uit te persen water uit het dieper gelegen veen niet verontreinigd met milieuschadelijke stoffen.

Waterdoorlatendheid en weerstand deklaag

In Noord-Holland is uit metingen gebleken dat de waterdoorlatendheid van gestabiliseerd veen hoger is dan het oorspronkelijke veen. Er is geen zekerheid over de effectieve waterdoorlatendheid van het gehele blok zoals hier is geschetst. Het kan niet worden uitgesloten dat uitgekneed water op grotere diepte in het veenblok zorgt voor stabiele openstaande verbindingen. Wel is algemeen bekend dat verdichting van alle plastische materialen leidt tot een afname van de afmetingen van de grootste poriën en daarmee ook van een afname van de waterdoorlatendheid. Denies rapporteert in een mailwisseling met Fugro in 2015 dat tot 40 insluitingen van ongemengde brokken veen te verwachten zijn. Dat zou een goede verklaring kunnen zijn voor de onregelmatigheid van het bereikte eindresultaat in Zuid-Holland. Het ligt gezien de gezamenlijke dikte van het te bewerken pakket voor de hand dat eventuele preferente stroombanen zoals die bestaan in gerijpt materiaal met krimpscheuren, zich niet continue kunnen uitstrekken tot het ondiepere porie systeem.

In een review artikel (Sing, Hasim and Ali 2009, Denies 2015 en correspondentie Denies-Fugro) wordt op basis van meerdere bronnen geconcludeerd dat toepassingen in veen neigen naar een lagere permeabiliteit van het eindproduct. Door voorbelasting (vooruitlopend op de bewerking) is het verschil nog duidelijker. De afwijkende gemeten resultaten bij de projecten in Zuid- en Noord-Holland kunnen niet zondermeer worden verklaard. De belasting van de kolom bij het voorbereidingsproces lijkt een goede verklaring voor het verschil.

Naast de afnemende waterdoorlatendheid van het materiaal ontbreekt het aan een stijghoogte gradiënt om waterstroming op te wekken tussen het Pleistocene zand en het oppervlaktewater.

3.2 Aandachtspunten voor uitvoeringskwaliteit bij voorbereiding en uitvoering:

- Volledige verwijdering van de bestaande wegconstructie (oude asfaltlagen en oud puin);
- Logistiek van fasering massastabilisatie en nieuw wegcunet als belasting;
- Materieel dat nodig is voor het verwijderen van het bestaande wegdek is mogelijk zeer zwaar en kan mogelijk onvoldoende manoeuvreren;
- Beheersmaatregelen / barrière door een tijdelijke afscherming om de slootoever / sloot en het net gestabiliseerde veen te vermijden;
- Wegdek en cunetmateriaal dat wordt verwijderd moet worden afgevoerd of in depot worden gezet voor gebruik in de nieuwe wegconstructie;
- Voldoende overlap tussen bewerkingsvakken, en voldoende intensieve menging om volumefractie en de afmetingen van insluitingen van water en ongemengde brokken veen te minimaliseren.

3.3 Conclusie / aanbeveling

Zowel de onzekerheid over de uitvoerbaarheid (vereiste kwaliteit, restzettingen en uitloogdiscussie) als de onzekerheid over de mate waarin de vereiste sterkte kan worden bereikt tussen twee watergangen, maken massastabilisatie tot een onzekere en mogelijk zeer kostbare optie in de situatie van de Van Teylingenweg in Woerden.

Voorafgaand aan een eventuele pilot of een ontwerp voor een wegconstructie moeten de sterkte-eisen en restzettingseisen worden vastgesteld. Daarmee kunnen het wegcunet en de fundering worden onderzocht in een geotechnisch laboratorium (bindmiddelmix met moedermateriaal) en met een simulatiemodel, waarin de dwarsdoorsnede (Figuur 4) met materiaaleigenschappen en wegcunetconstructie-eigenschappen kan worden blootgesteld aan diverse belastingsscenario's.

De kenmerken van de gesimuleerde weg maken deel uit van een vergelijking tussen de verschillende wegconstructie en funderingsalternatieven zoals EPS en paalmatrasfunderingen.

Indien uit de simulaties op basis van het eerste wegontwerp een positief resultaat volgt, kan een pilot in het veld een goede vervolgstap zijn.

4. VERGUNBAARHEID

De projecten in Nederland waarbij massastabilisatie is toegepast hebben laten zien dat het bevoegd gezag (regionale omgevingsdiensten) geen ruimte kan geven als geen zekerheid bestaat over de korte en lange termijn effecten op de omgeving. De randvoorwaarden liggen vast in het Besluit Bodemkwaliteit en de Wet Bodembescherming. De omgevingsdiensten zijn belast met vergunningverlening en handhaving. In Woerden is de Omgevingsdienst Regio Utrecht (ODRU) belast met deze taak.

Rijkswaterstaat heeft zich uitgesproken over een streven naar een zeer strikte naleving van de algemene richtlijnen door het aanwijzen van bindmiddelen als bodemvreemde stoffen. Bij overheden en marktpartijen bestaat een duidelijke behoefte om meer helderheid te verkrijgen over de randvoorwaarden die moeten worden gesteld bij het toepassen van massastabilisatie. Omgevingsdienst Midden Holland heeft het voornemen om hierin een leidende rol te nemen in 2020.

Vooralsnog biedt de diversiteit aan combinaties van bindmiddelen, toeslagstoffen en moedermaterialen veel technische mogelijkheden, maar juist daardoor moet bij ieder project projectspecifiek onderzoek worden verricht alvorens een vergunning kan worden aangevraagd. Het onderzoek naar uitlogingseigenschappen kan pas worden uitgevoerd na het technische onderzoek waaruit moet blijken welke sterkte eisen gelden voor het eindproduct om de weg te kunnen funderen. Op basis van die eisen wordt gezocht naar het optimale mengsel en vervolgens moeten die getest worden op sterkte eisen en of ze voldoen aan de emissienormen.

4.1 Vergunningseisen

De eindproducten moeten worden getoetst aan de normen die vastgelegd zijn in de volgende besluiten en aanvullingen.

Besluit Bodemkwaliteit

In het besluit bodemkwaliteit (handreiking besluit bodemkwaliteit, Senternovem / bodem+ 2015) wordt onderscheid gemaakt tussen bodem en bouwstoffen. Voordat materialen mogen worden toegepast moeten ze worden getoetst aan normen voor bouwstoffen. Daarbij geldt voor massastabilisatie of sprake is van grond of niet vormgegeven bouwstoffen

Niet vormgegeven bouwstoffen

De toepassing van een bindmiddel maakt van het moedermateriaal bodem een niet vormgegeven bouwstof, als daarbij de massafractie silicium, calcium of aluminium gezamenlijk de 10% overschrijdt, met uitzondering van o.a. grond waarin van nature vaak >10% silicium voorkomt. De grens hiervoor staat onder druk en de Omgevingsdiensten hebben enige ruimte om te bepalen vanaf welke bindmiddelgehaltes sprake is van niet vormgegeven bouwstof.

Aangezien massastabilisatie wordt toegepast in de bodem valt het in de categorie “zonder Isolatie Beheers Controle maatregelen”. Als meer dan 20 % (massa) bindmiddel wordt toegevoegd aan de bodem wordt het eindproduct geclassificeerd als een vormgegeven bouwstof. Van iedere bouwstof moet met uitlogingsonderzoek worden aangetoond dat aan de normen voor uitloging wordt voldaan. Het mag dan na het einde van de levensduur achterblijven op locatie.

Voor niet vormgegeven bouwstoffen -waarbij minder dan 20% massa bindmiddelen is toegepast- geldt dat na het einde van de levensduur het materiaal moet worden verwijderd. Dat nadeel is echter alleen een probleem bij toepassingen met een beperkte levensduur, wat niet geldt voor wegen.

Aanvullingswet bodem

In de Aanvullingswet bodem wordt aangestuurd op een regionale aanpak. Er wordt gestreefd naar het "Versnellen en verbeteren van de besluitvorming over bouwactiviteiten door onder meer het verminderen van het aantal bodemonderzoeken en het zoveel mogelijk inzetten van algemene regels in plaats van beschikkingen".

Er zijn in het verleden in het buitenland milieuschadelijke toeslagstoffen toegepast onder het mom van bouwstoffen, waardoor in feite verdunning plaatsvindt. Dat is strijdig met de Wet Milieubeheer. Wel wordt voor gecertificeerde toeslagmengsels een uitzondering gemaakt waardoor bepaalde bodemas- en vliegastromen kunnen worden toegepast in een aantal in de handel verkrijgbare producten zoals Calstariet.

4.2 Beïnvloeding omgevingskwaliteit en de toetsingsmethoden

pH van oppervlaktewater en grondwater

De toename van de pH door de alkalische materialen leidt in principe tot een afname van de mobiliteit van zware metalen, uitgaande van een zwak zure omgeving in het slecht gebufferde veenweidegebied. Bij pH waarden vanaf pH 8 en hoger lijkt bijvoorbeeld Lood wel weer mobiel te worden. Vanwege de grote diversiteit aan toegevoegde materialen wordt vastgehouden aan een uitlogingstest waarmee de materialen met elkaar vergeleken kunnen worden en worden getoetst aan normen die in de Omgevingswet (besluit bodemkwaliteit) en in de Kaderrichtlijn Water zijn vastgelegd.

De pH heeft naast mobilisatie van zware metalen ook invloed op de ecologie van het oppervlaktewater en het bodemleven direct naast het bewerkte materiaal. De verhoudingen van omgevingswater en uitgeperst en uitlogend water zijn echter in het voordeel van de omgeving. Een pH invloed is maar gedurende korte tijd meetbaar. Bij labtesten kan worden vastgesteld hoeveel water initieel wordt uitgeperst en wat de pH daarvan is. In het verleden heeft de uitloging van alkalisch materiaal minder problemen opgeleverd in de vergunningverlening.

Uitlogings tests NEN 7373

NEN 7300 en NEN 7360, 7370 en 7373 (vervangen 7340) beschrijven de uitvoeringswijze van de uitlogingstesten voor vaste grond en steenachtige materialen. In de *toelichting op de handleiding certificering besluit bodemkwaliteit* staat in tabel 1 een overzicht van de korte proefprocedures voor korrelvormige materialen. De kern van de methode bestaat uit het laten doorsijpelen van een voorgeschreven aantal volumes water per massa (LS waarde, [liter/kg]), waarna de gesommeerde inhoud (massa) aan uitgeloopte stoffen kunnen worden getoetst aan de norm (besluit bodemkwaliteit). Voor verontreinigde grond geldt een LS van 2 volgens NEN 7373.

Voor gestabiliseerd veen ontstaat dan afhankelijk van de toegevoegde mengselverhoudingen een behoorlijke variatie in hoeveelheden uitgeperste bodemvloeistof. Omdat de massa van het materiaal voor een groot deel wordt bepaald door de consolidatie en toegevoegde bindmiddelen.

Beschikbaarheidsproef NEN 7371

Veel makkelijker is het meten van gehalten, die zijn altijd hoger dan hetgeen kan uitlogen en daarmee vormt het een bovengrens. Als het materiaal hiermee voldoet aan de normen in besluit bodemkwaliteit kunnen de uitlogingstests vervallen.

Diffusie testen NEN 7375

Diffusie kan alleen worden toegepast op vormvaste en monolithische materialen. Als materiaal in de toekomst wordt ingedeeld in een vormgegeven bouwstoffen categorie, kan het zijn dat daaruit lagere emissies volgen door een ander toetsingskader.

4.3 Situatie veenwegen rondom Woerden

De geschetste uitvoeringwijze in Woerden van massastabilisatie leidt tot een toepassing van de methode rondom of net onder het grondwaterniveau, met aan weerszijden een wegberm en sloot. In deze omgeving/context is nog nooit massastabilisatie toegepast. De milieu-invloed van de methode doet zich voor in twee duidelijk van elkaar te onderscheiden tijdspannen: directe uitpersing (uren/dagen) en langdurige uitloging (jaren/decennia).

Uitloging direct na uitvoering

Direct na de bewerking wordt onder druk van de bovenbelasting (nieuwe wegconstructie of tijdelijke verzwaring, en de machine die over het werk rijdt), druk uitgeoefend op het materiaal. De uitpersing van water die daarvan het gevolg is, draagt bij aan de kwaliteit van het eindresultaat. In de literatuur en veldervaringen wordt gesproken over een aanzienlijke volumeafname van 5-15%. Het één en ander hangt naar verwachting volledig af van de intensiteit van de bewerking en zou bij zeer slap veen nog veel hoger kunnen zijn. De uitpersing van het water zal gepaard gaan met een kortdurende uitstoot van toegevoegd bindmiddel in oplossing. Of bij de uitlogingstesten ook dit water wordt meegenomen in de analyse, is uit de normen niet eenvoudig af te lezen.

Afhankelijk van de vochttoestand (klimaat en toestromend water bij diep weggegraven wegcunet) kan na bewerking ook uitgeperst bindmiddel in de puingranulaatlaag terechtkomen. Hierin wijkt de voorgenomen activiteit sterk van de projecten die eerder zijn uitgevoerd in maagdelijke grond.

Uitloging na realisatie van het werk

Na realisatie van het werk vormt het wegdek een vrijwel waterdichte afscherming van neerslag. Neerslag stroomt af over het oppervlak van de wegberm zonder te infiltreren. Daardoor is er naar verwachting ook geen sprake van een noemenswaardige opbolling onder weg en daardoor ook van slechts een zeer beperkte grondwaterstroming. Grondwaterbewegingen zullen beperkt blijven tot hooguit enkele decimeters diepte in het gestabiliseerde materiaal. Het overgrote deel van de bewerkte bodem bevindt zich in een zone waar geen grondwaterstroming bestaat. Veen bestaat bij de gratie van stilstaand grondwater. De resultaten van uitlogingsonderzoek gaan juist uit van een intensieve blootstelling van de bouwmaterialen aan de stroming van water, een uitgangspunt dat voor de

toepassing van gestabiliseerd veen leidt tot een zeer aanzienlijke overschatting van de impact van de bewerking op het milieu.

In twee projecten (Noord- en Zuid-Holland) is aangetoond dat gestabiliseerd veen een hogere waterdoorlatendheid heeft dan het oorspronkelijke veen. Als deze metingen inderdaad maatgevend zijn voor de lange termijn eigenschappen van het gehele blok gestabiliseerd veen, heeft dat gevolgen in perioden waarin er een verticale stijghoogte gradiënt bestaat. Eventuele verticale grondwaterstroming leidt in dat geval wel tot uitloging. Aangezien de toepassing in Woerden zorgvuldig wordt nabelast, wordt verwacht dat de waterdoorlatendheid van het eindproduct gelijk is of lager dan die van het moedermateriaal.

4.4 Conclusie

Uit overleg met de Omgevingsdienst Regio Utrecht blijkt bereidheid medewerking te verlenen aan een pilotstudie, waarbij de aandacht uit zal gaan naar alleen de milieu-effecten die samenhangen met massastabilisatie.

De omgevingsdienst Midden Holland heeft toegezegd zich in te spannen voor het vaststellen van een meer uniforme (bovenregionaal) vergunningsverlening door het opstellen van een draaiboek.

5. FINANCIËLE HAALBAARHEID

De kosten worden voor het overgrote deel bepaald door materiaalverbruik (volume en welk materiaal), en productiesnelheid (machine-uren en uren). De afvoer van de bestaande weg en de aanvoer van de nieuwe weg zijn voor alle vervangingsvarianten gelijk.

Voor massastabilisatie geldt daarnaast een onderzoekskostenpost (ontwerp en milieu-aspecten), en voor de Van Teylingenweg mogelijk een oeverbescherming als blijkt dat contact tussen slootwater en gestabiliseerd bodemmateriaal onvermijdelijk is en onacceptabel.

5.1 Productiesnelheid

De kosten worden voor een groot deel bepaald door de productiesnelheid. Bij een productiesnelheid tussen 50 m³ en 100 m³ per uur (POVM Grondverbeteringen) kan bij toepassing over de gehele diepte van de bodemkolom (<20m³ per strekkende meter weg) tussen ca. 2 en 5 meter per uur worden bereikt. Mondelinge communicatie met een aannemer heeft ook een richtgetal opgeleverd van 30 m per dag. Langs de tracédelen waar het Pleistoceen dieper ligt, zal het werk nog iets langzamer gaan.

De productie wordt onderbroken door twee werkzaamheden:

1. Belasting / nieuw wegcunet

De bewerkte bodem moet direct na mengen worden belast. Om die belasting aan te kunnen brengen moet ofwel het afbreken van de bestaande weg worden gestaakt of anderszins moet het massastabilisatiematerieel en bindmiddelmix met vrachtwagens worden afgevoerd.

2. Oeverafscherming / beheersing opbreekproces

De verwijdering van de oude weg moet sneller verlopen dan de productie van de nieuwe weg. Tussen die werkslagen bestaat de kans dat de oever moet worden ondersteund om toestroming van slootwater tegen te gaan.

De logistieke gevolgen hiervan zijn daarom naar verwachting van zeer grote invloed op de te bereiken werksnelheid. De kosten van materieel en uren, en de overlast kunnen daardoor in de praktijk sterk oplopen. Ook de besteding van energie voor de verkeersbewegingen is een relevante kostenfactor.

De daadwerkelijk te behalen productiesnelheid en inzet van materieel, logistiek van afvalstoffen en aan te voeren materiaal kan worden geschat. In een pilotproject kan het worden onderbouwd.

5.2 Materiaalverbruik

Materiaalverbruik en kosten daarvan bepalen eveneens een deel van de kosten. De hoeveelheid toe te passen bindmiddelen wordt voornamelijk bepaald door de te bereiken sterkte eigenschappen. Deze dienen te worden bepaald tijdens de ontwerpfase van de pilot. Om een idee te geven van de kosten bij een veelgebruikte bindmiddelconcentratie is hieronder gewerkt met 150 kg/m³. Testresultaten laten zien dat bij lagere gehalten al aanzienlijke verbeteringen bestaan, maar ook soms pas bij hogere gehalten. Dit kan pas worden vastgesteld als er een beeld is van de vereiste materiaaleigenschappen en een concreet ontwerp op tafel ligt.

De bindmiddelen moeten van hoge kwaliteit zijn, omdat geen milieuschadelijke stoffen mogen worden toegevoegd. De kosten van het mengsel kunnen oplopen tot €300,- per ton (op basis van Portlandcement als meest kostbare component, zonder logistieke kosten).

Uitgaande van een toepassing van 150kg/m³ en <20m³ per strekkende meter komt dat neer op €900,- per strekkende meter weg, exclusief aanvoer en verwerking.

5.3 Onderzoekskosten

5.3.1 Ontwerp en materiaaltests

Een ontwerp voor een pilotstudie begint met randvoorwaarden voor het civieltechnisch ontwerp. Daarna zal moeten worden onderzocht welke materiaaleigenschappen minimaal nodig zijn voor een voldoende stabiele ondergrond. Pas daarna kan een bindmiddelmix worden vastgesteld. Deze moet worden getest met lokaal materiaal.

5.3.2 Uitloogonderzoek

Het materiaal dat is getest en geproduceerd in de ontwerpfase kan worden blootgesteld aan uitlogingsonderzoek. Tijdens de gesprekken met Omgevingsdienst Regio Utrecht zijn hierover nog geen aantallen en typen vastgesteld. Moedermateriaal en bindmiddelen kunnen ook afzonderlijk worden getest met het oog op een beschikbaarheidstest (zie NEN 7371).

Mogelijk extra onderzoek naar de samenstelling en uitstroming van eventueel vrijkomend uitgeperst bodemwater met bindmiddel zal kosten met zich meebrengen als tijdens de pilot blijkt dat daar aanleiding voor is. Dat wordt bepaald door de Omgevingsdienst Regio Utrecht.

5.3.3 Materiaal hergebruik

Materiaalhergebruik ter plaatse zal een grote invloed hebben op de kosten van afvoer en aanvoer. Dit geldt echter voor alle vervangingsmethoden en is daardoor niet medebepalend voor massastabilisatie.

5.4 Oeverbescherming / beheersmaatregelen

De kosten van tijdelijke versterkingen van de oevertaluds kunnen worden geschat door een aannemer. De pilotstudie moet hiervoor bruikbare ervaringen opleveren. De effectiviteit van de afscherming wordt bepaald door de Omgevingsdienst Regio Utrecht. Tijdens het ontwerp en werkvoorbereiding van de pilot dient hierover te worden gecommuniceerd met Omgevingsdienst Regio Utrecht.

5.5 Doorlooptijd

Doorlooptijd milieu-effect onderzoek

De tijd die nodig is voor het opstellen van een meetprogramma voor een pilotstudie en het daarnaast uitvoeren van de testen is naar verwachting meerdere maanden. De looptijd van uitlogingstesten kan worden beperkt door te kiezen voor beschikbaarheidstests (zie NEN 7371). In het geval de gehalten aan schadelijke stoffen lager zijn dan de uitlogingseisen, volstaan de resultaten van de beschikbaarheidstests, omdat in een dergelijk geval met geen mogelijkheid uitloging kan leiden tot hogere waarden.

Doorlooptijd civieltechnisch en geotechnisch werk

De doorlooptijd voor het adviestraject (ontwerprandvoorwaarden, eisen opstellen aan vereiste sterkte, bindmiddelmix-advies, monsternamen en geotechnische tests (indien massastabilisatie kansrijk wordt bevonden) is eveneens enkele maanden. Daarbij kunnen werkzaamheden parallel aan elkaar worden uitgevoerd.

BIJLAGEN

A. OVERZICHTSTABELLEN RESULTATEN LABONDERZOEK DIVERSE PROJECTEN

- A.1 testresultaten in Veen Noord Nederland
- A.2 Testresultaten in veen Noord-Holland
- A.3 Testresultaten veen Zuid-Holland

B. ALGEMEEN

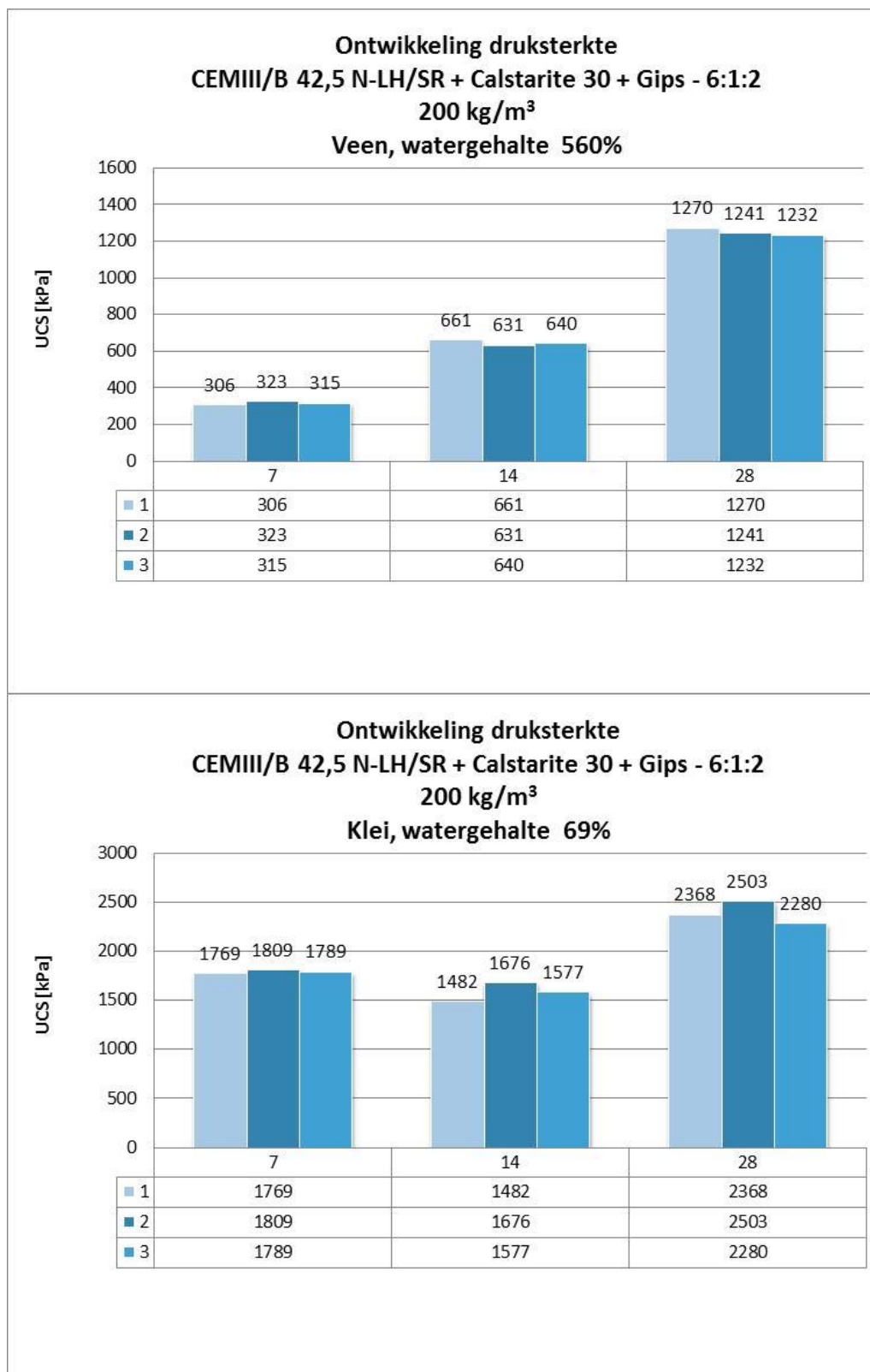
- B.1 Allustab Masstabilisation manual
- B.2 Sondering Kamerik 2009

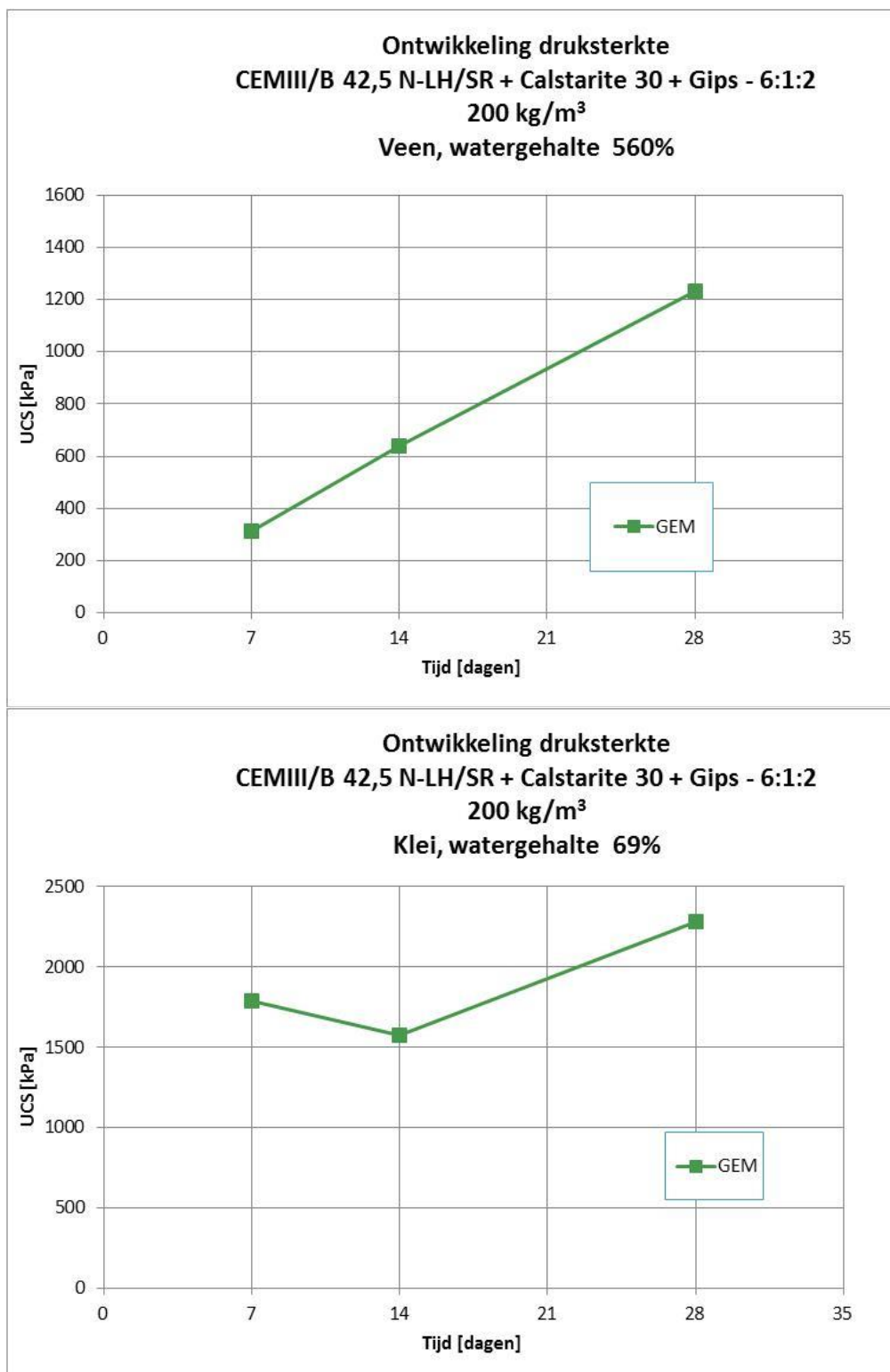
C. LITERATUUR

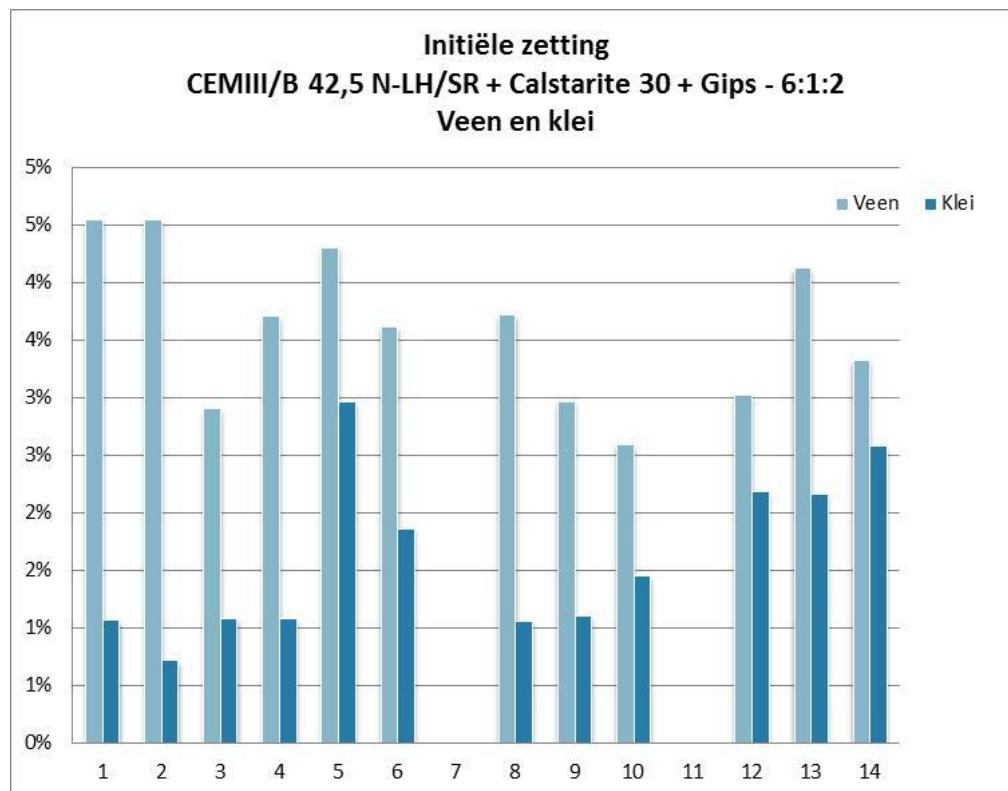
- C.1 Materialen en mengsels
- C.2 Toepassingen in niet vlakke ruimte
- C.3 Milieu aspecten

A. OVERZICHTSTABELLEN RESULTATEN LABONDERZOEK DIVERSE PROJECTEN

A.1 TESTRESULTATEN IN VEEN NOORD NEDERLAND

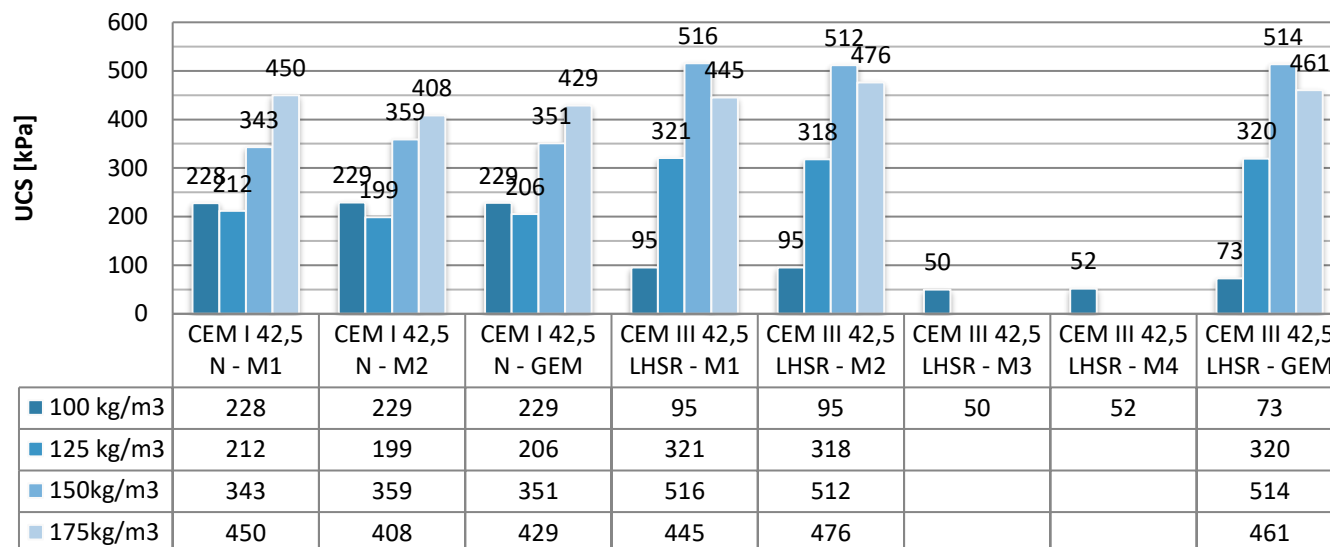




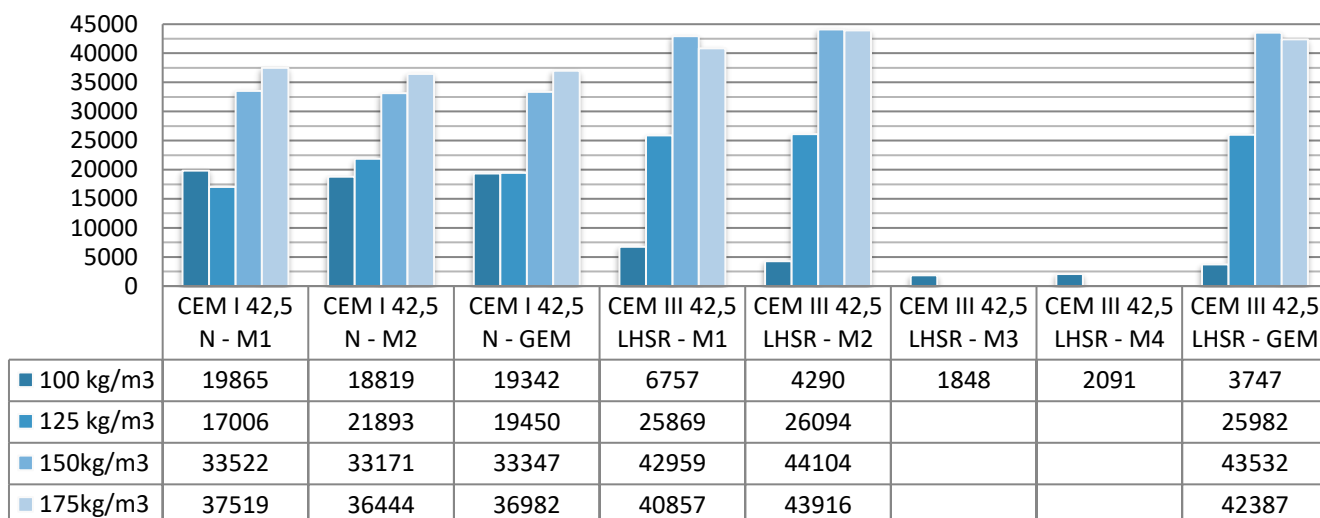


A.2 TESTRESULTATEN IN VEEN NOORD-HOLLAND

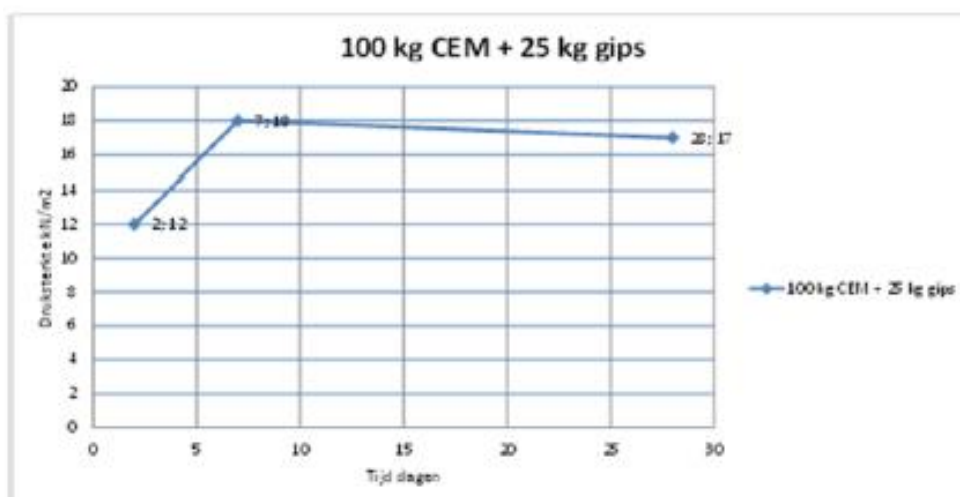
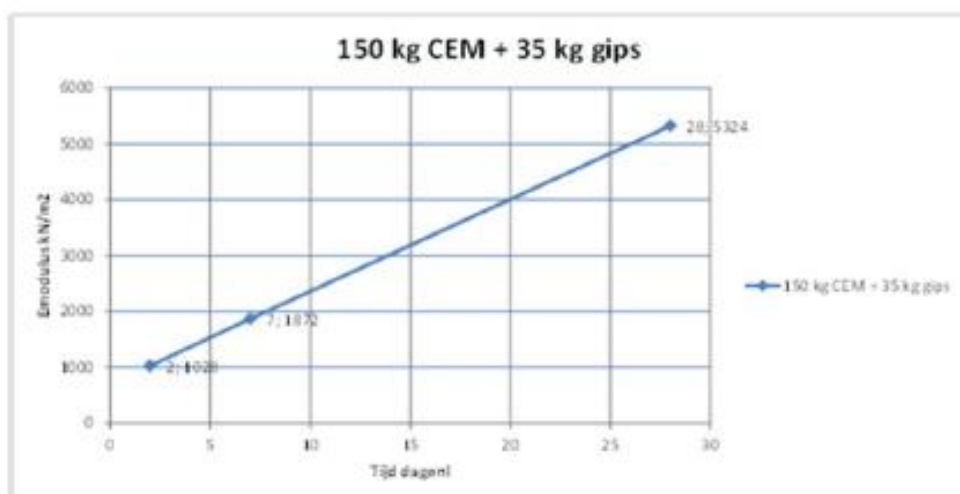
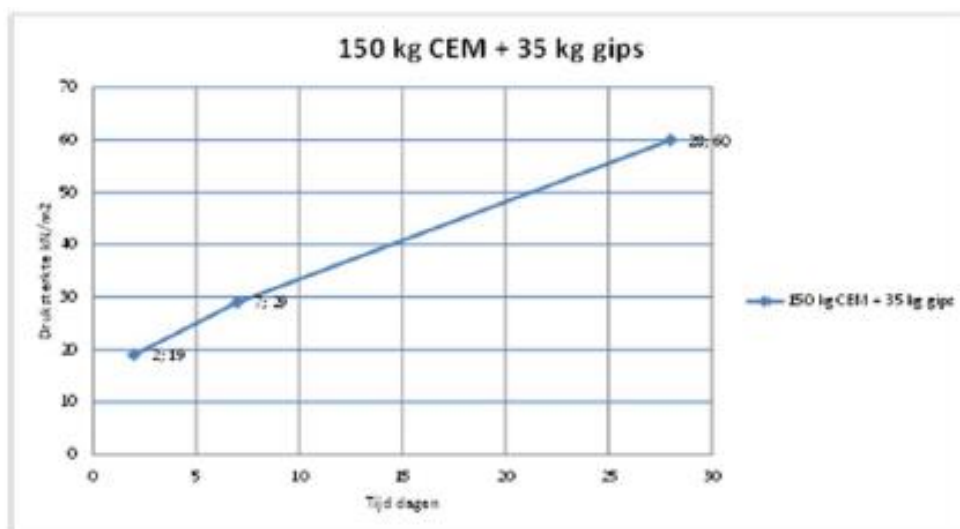
Veen, watergehalte 342%
7-daagse druksterkte

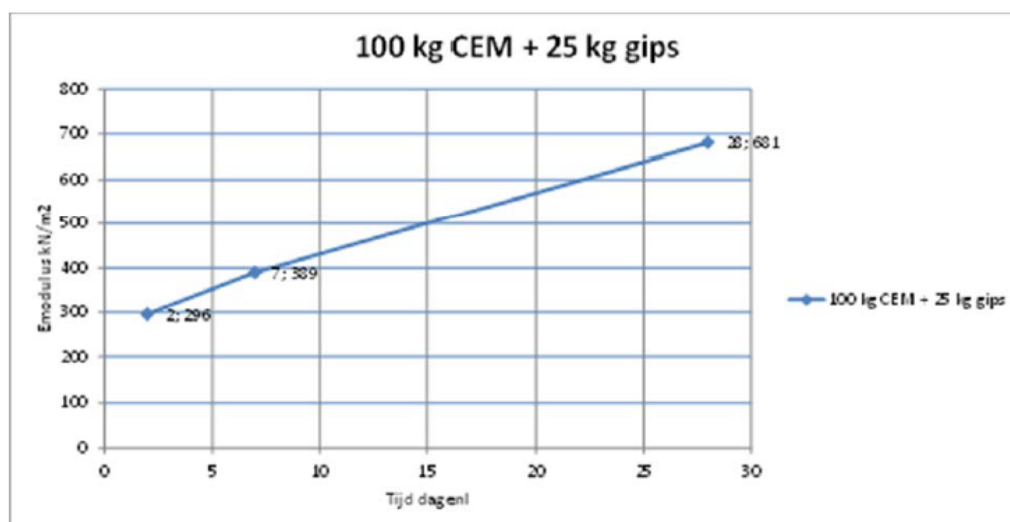


Veen, watergehalte 342%
7-daagse stijfheid



A.3 TESTRESULTATEN VEEN ZUID-HOLLAND





B. ALGEMEEN

B.1 ALLUSTAB MASSTABILISATION MANUAL



INTERNATIONAL



Toepassingen

Massastabilisatie maakt de aanlevering van wegen, fietspaden, spoorlijnen en pijpleidingen makkelijker.



Duurzaamheid, CO₂

Het gebruik van bestaande grond zorgt voor een enorme reductie van transportbewegingen en CO₂.



Waarom stabiliseren?

Kostenbesparingen is één van de grote voordelen van stabiliseren

**Massa Stabilisatie
International B.V.**
info@massastabilisatie.nl

Laan de Wijze 20
5835 DS BEUGEN
+31 (0)485 215 493

Daniëlsweg 12
4451 HP HEINKENSZAND
(Laboratorium)



INTERNATIONAL



Massa Stabilisatie International B.V.

ADVIES, ONTWERP & BEGELEIDING



Massastabilisatie

Met massastabilisatie, oftewel grondverbetering, versterken we zachte ondergronden door het toevoegen van organische bindmiddelen. Zo wordt de grond gereed gemaakt voor de benodigde applicatie. Dit is mogelijk bij grondsoorten als veen, slappe klei, leem en baggerspecie.

Toepassingen

Massastabilisatie maakt de aanleg van wegen, fietspaden, spoorlijnen en pijpleidingen makkelijker. Daarnaast is zij ook uitermate geschikt voor het bouwrijp maken van gronden bestemd voor havens, industrieterreinen of woonomgevingen. Een ander voorbeeld is bodemerosie. Benieuwd naar meer toepassingen? Neem dan contact met ons op.

Cradle-to-cradle

Met massastabilisatie wordt bestaande grond gebruikt. Dat maakt het afgraven en aanbrengen van nieuwe grond overbodig. In de praktijk betekent dit een enorme reductie van transportbewegingen en dus ook een vermindering van CO₂-uitstoot. Als gevolg worden natuurlijke bronnen zoveel mogelijk ontzien. Massastabilisatie past daarom perfect in de cradle-to-cradle gedachte.

Wereldwijd toegepast

Massastabilisatie wordt wereldwijd ingezet, onder meer in Amerika, Brazilië, Ierland, Turkije, Rusland, Scandinavië en diverse landen in Oost-Europa.

Waarom stabiliseren?

Kostenbesparing is een van de grote voordelen van stabiliseren. Bij wegenbouwprojecten wordt veel grond verzet. Deze is daarna vaak onbruikbaar, omdat hij geen draagkracht of binding meer heeft. Het afvoeren en storten van deze grond, net als de aanvoer van nieuwe, kost veel geld. Bovendien gelden er milieunormen voor het storten van overtollige grond. Dit betekent dus nog meer kosten. Wie grond via massastabilisatie weer bruikbaar maakt, bespaart veel geld.



Specialist tussen opdrachtgever en opdrachtnemer

Massa Stabilisatie International BV is de specialist tussen opdrachtgever en opdrachtnemer. Wij kennen het fenomeen massastabilisatie, weten wat er in de markt speelt en vertalen dit naar concrete projecten.

Onze specialiteit?

We nemen u het complete projectmanagement voor stabilisatie of civiele projecten uit handen. Inclusief haalbaarheidsstudies en kostenramingen, maar ook het selecteren en controleren van aannemers.

Wij ondersteunen en faciliteren

Tijdens het gehele proces van massastabilisatie verzorgen wij de benodigde onderzoeken en de technische ondersteuning. Daarnaast faciliteren wij, naast begeleiding van het complete projectmanagement, eveneens de inhoudelijke technische onderbouwing en onderzoeken.

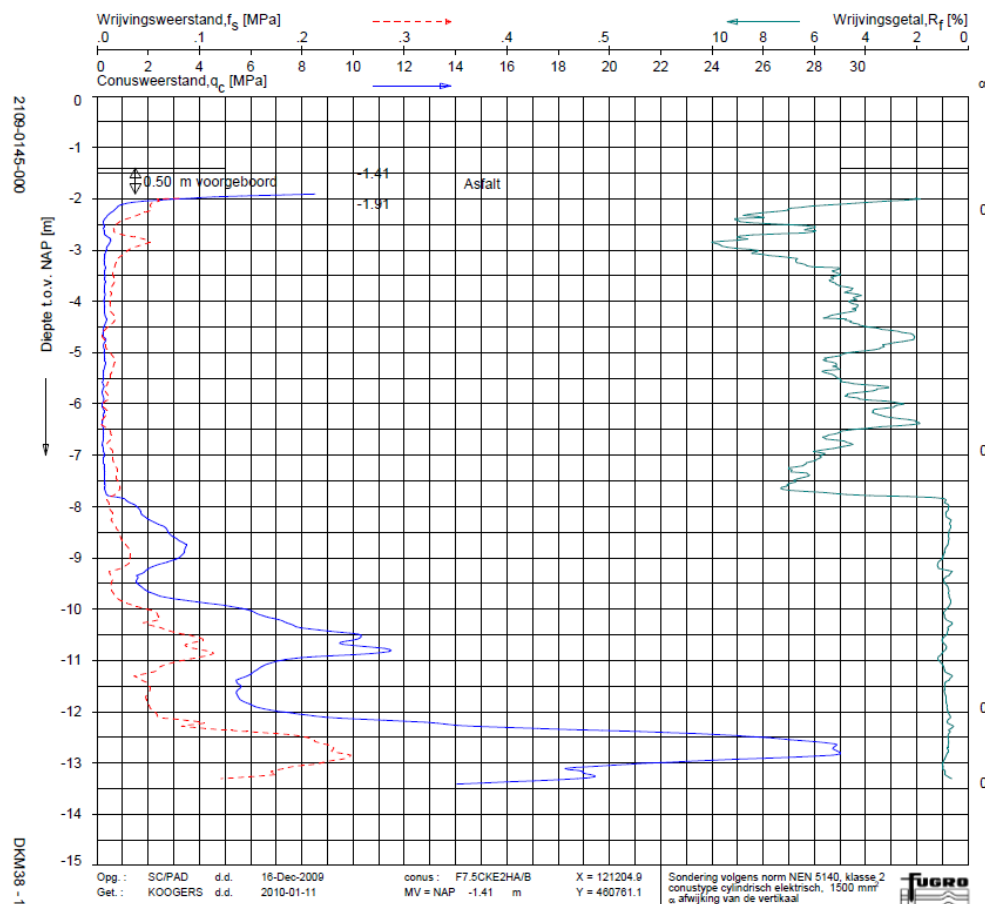
Gecertificeerd

Massa Stabilisatie International BV werkt alleen met door ons gecertificeerde aannemers en leveranciers. Zij kunnen rechtstreeks voor de opdrachtgever werken, maar wij houden de benodigde grip op de essentiële en benodigde processen. Werken met een gecertificeerde aannemer speelt een belangrijke rol bij massastabilisatie, doordat het technisch proces gevoelig is voor ongecontroleerde wijzigingen. Wij houden met onze eigen certificering controle over deze processen.

VAN TEYLINGENWEG OOSTZIJDE TE WOERDEN HAALBAARHEIDSSSTUDIE MASSASTABILISATIE

B.2 SONDERING KAMERIK 2009

UNIPLOT 05.09.nl / QcFsClass-N4.cnd / 2010-01-11 14:57:53



CPT data classificatie - indicatief
Classificatie gebaseerd op genormaliseerde
conusweerstand en wrijvingsgetal.
(Robertson 1990, NL corr.)
Geldt onder grondwaterpeil.

	(10) VEEN of POTKLEI
	(2) VEEN, organisch materiaal
	(2) VEEN, organisch materiaal
	(3) KLEI, zwak siltig tot siltig
	(3) KLEI, zwak siltig tot siltig
	(3) KLEI, zwak siltig tot siltig
	(2) VEEN, organisch materiaal
	(3) KLEI, zwak siltig tot siltig
	(2) VEEN, organisch materiaal
	(5) ZAND, siltig tot LEEM
	(6) ZAND, zwak siltig tot siltig
	(5) ZAND, siltig tot LEEM
	(6) ZAND, zwak siltig tot siltig

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
GRONDONDERZOEK KAMERIKSE WETERING TE KAMERIK

Opdr. 2109-0145-000
Sond. DKM38

C. LITERATUUR

C.1 MATERIALEN EN MENGSELS

Ahnberg H. Strength of Stabilized soils, Laboratory study on clays and organic soils stabilized with different types of binder, Swedish Geotechnical Institute Report 12 Linköping 2006

Ahnberg H Bengtson P.E., Holm G., Effect of initial Loading on the strength of Stabilized Peat, Ground Improvement 2001- .

Ahnberg H., Johansson S.E., Pihl H., Carlsson T., Stabilising effect of different binders in some Swedish soils, Ground Improvement 2003-7 Nr 1

Allu 2019; Mass Stabilization Manual.

https://www.massastabilisatieinternational.com/files/MAS_FOL_2019_WEB.pdf

Cortellazzo G., Cola S. Geotechnical characteristics of two Italian Peats Stabilized with Binders, Conference proceedings Dry Mix Methods for Deep Soil Stabilization, Rotterdam 1999

CUR 2001-10, Diepe grondstabilisatie in Nederland 2001.

CUR 2005, Inside Mixed In Place, uitwerking van een aantal witte vlekken docnr CO-402812-0009

CUR 2005 Duurzaamheidsonderzoek Mix-in-place kolommen

Denies N. et al 2015 Thoughts on the durability of the soil mix material, Proceedings of the 16th ECSMGE ICE.

Diyaljee Vishnu 2015; Discussion of Design and Construction Guidelines for Deep Soil Mixing to Stabilize Expansive Soils by Madhyannapu and Puppala, Journal of Geotechnical Geoenvironmental Engineering DOI 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001149

EuroSoilStab Design Guide Soft Soil Stabilisation, CT97-0351.

Forsman J et al; Experiences of utilising mass stabilised low quality soil for infrastructure construction in the capital region of Finland, 18th International Baltic Road Conference

Forsman et al, 2009; Cement stabilisation and solidification STSO Review of Techniques and Methods, Ramboll Finland.

Fugro 2015; rapport 1015-0623-001 Advies massastabilisatie Jirnsumersyl

Den Hamer 2009; Stabilisation of Peat by Silica based solidification, Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.

Hakkers, Habbo Ties, 2016; Case study Grondverbetering Esse Zoom Laag, stageverslag KWS Rotterdam 2016

Hebib S., Farrell E.R., Some experiences on Stabilisation of Irish Peats, Can. Geotechnical Journal 2003 doi: 10.1139/T02-091.

Jelsik and Leppanen 2003; Mass Stabilisation of organic and soft clay soils.

Kazemian S., Huat B. K., Prasad A., Barghch M., Effect of Peat Media on Stabilisation of Peat by Traditional Binders, International Journal of Physical Sciences 2011 6(3)

Kazemian S. Effect of different binders on settlement of fibrous peat, Soil Mechanics and Foundation Engineering 2015 52-(1)

Moayed H. Kazemian S., Huat B.K. 2013 Shear Strength Parameters of Improved Peat by Chemical Stabilizer, Geotechnical Geological Engineering 31

Lahtinen en Niutanen 2009; Development of InSitu Mass Stabilisation Technique in Finland, Allu Stabilisation System Okinawa.

Libbrecht Lies, Onderzoek naar grondstabilisatie met ongebluste kalk en puingranulaat, mSc Sriptie 2019, Universiteit Gent, Vakgroep Geologie en Bodemkunde.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2001; No Recess testbanen Hoekse Waard.

NEN ISO 14688 Classificatie van grond, Eurocode.

Pousette K., Macsik J., Jacobsson A.1999; Peat Soil Samples stabilized in laboratory experiences from manufacturing and testing, Conference proceedings Rotterdam

Sing, W.L., Hashim R. Ali F.H, A review on Experimental Investigation of Peat Stabilisation, Australian Journal of Basic and Applied Sciences 2009.

Stiboka 1978; Bodemkaart van Nederland 1:50.000, kaartblad 31West-31Oost en Toelichting

Shui-Long Shen, Yong-qin J., Feng-xi C. Ye-Shuang x. 2005, Mechanisms of Property changes of Soft Clays around deep mixing column, Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering.

Skels P., Bondars K., Korjakins A., Unconfined Compressive Strength Properties of Cement Stabilized Peat, Conference Proceedings 4th international converence on Civil Engineering 13

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Rapport Geotechnische classificatie van Veen, TR16 , Delft Juni 1996

Timoney M.J. 2015; Strength Verivication Methods for Stabilized Soil-Cement Columns; PhD Thesis .

Wilk Charles, 2015; Soil Mixing Treatment of Marginal Soil for Railway Construction and Maintenance, Allu Group New Jersey, Deep Foundation Institute

C.2 TOEPASSINGEN IN NIET VLAKKE RUIMTE

Chen E.J. et al 2016, A Statistical Model for the Unconfined Compressive Strength of Deep Mixed Columns, Geotechnique 66 nr 5 2016.

Erkens, de Vries, Zwanenburg, van der Kolk en De Bruin, 2013; Dijken Op Veen II Veenprotocol Deltares.

Nijland T.G., Zon van der W.H., Pachen H.M.A., Hille T. van, 2005; Grondstabilisatie met hoogovencement verharding en duurzaamheid, Stabilisaties voor de boortunnel van Randstadrail.

Overbosch Niels, Massstabilisation near regional Flood Defences, MSc Thesis Geo Engineering 2019 TUD.

Sing, Hashim ans Ali 2008 Behavior of Stabilized Peat Soils in Unconfined Compression Tests American Journal of Engineering and Applied Sciences 1 (4)

Stout Nick, 2016; Massastabilisatie in Veendijken Literatuuronderzoek Afstudeerverslag Hogeschool Rotterdam, BGL door Jasper Vosdingh Bessem en Edwin Dekker Fugro.

Waterschap Rivierenland 2018, Technische Richtlijn Grondverbeteringen, technieken voor verbetering van macrostabiliteit bij dijken.

C.3 MILIEU ASPECTEN

Al Tabbaa Abir et al, Field trials for deep mixing in land remediation Execution and early age monitoring QC and lessons Learnt, Cambridge University Engineering Dpt.

Analytico / Eurofins, Uitloogonderzoek

Al-Tabbaa et al., Deep Mixing Field Trials for Land Remediation Some 3-year results from the SMiRT Project, Cambridge university Engineering Dpt.

Senternovem / Bodem+ Handreiking besluit bodemkwaliteit 2015

BRL 9322 Nationale Beoordelingsrichtlijn voor het KOM productcertificaat voor Mengsels van Cementgebonden Minerale Reststoffen, 2012, Aanvaard door de harmonisatiecommissie Bouw van de Stichting Bouwkwiteit d.d. 2012-02-29

Geochemische Bodematlas van Nederland, 2012

Hofstra U., 2006, Lange Termijn gedrag en recycling van cementgebonden immobilisaat, Centrum voor immobilisatie Gouda.

LWBG Furaanzand

Antwoord Rijkswaterstaat op vragen over toegestane percentages bodemvreemd materiaal, www.RWSleefomgeving.nl 13 september 2016.

NEN 7300

NEN 7360

NEN 7371

NEN 7373

NEN 7375

Sloot H.A. van der, et al 2007, pH en redox effecten van bouwmaterialen, ECN in opdracht van Ministerie van VROM.

SIKB protocol 9335-2 2014 Grond uit projecten, Milieuhygienische keuring van partijen grond uit projecten in het kader van het besluit bodemkwaliteit, Centraal College van Deskundigen aangaande Bodembeheer.

Stichting voor Bouwkwiteit 2007 Toelichting op de Handleiding Certificering Besluit Bodemkwaliteit.

Toetsingsregels Bodem en Bouwstoffen 2013, Bodem+ en Rijkswaterstaat Waterdienst (namens I&M)