

AFSTUDEERRAPPORT

STABILITEIT VAN TIJDELIJKE BIGBAG CONSTRUCTIES

Project 23264
Document AR-23624-001
Versie 2.0
Datum 13-02-2024



Boorsma
adviseurs & ingenieurs

University of
Applied Sciences

Windesheim



BOUW
INFRA
WATER
BODEM

Colofon

Projectnaam	Stabiliteit van tijdelijke BigBag constructies	
Opdrachtgever	Christelijke Hogeschool Windesheim Campus 2 8015 PH Zwolle	
1 ^o Schoolbegeleider	F. van den Berg van Saparoea	
2 ^o Schoolbegeleider	P. van de Stroet	
Bedrijfsbegeleider	ir. T. Hoekstra	
Bedrijf	Boorsma B.V. Het Spijk 18 C 8331 WT Urk	
Projectnummer Boorsma	23264	
Documentnummer	AR-23624-001	
Versie	2.0	
Datum	13-02-2024	
Document	Afstudeerrapport	
Auteur(s)	Jomar Gernaat	
	Justin Spitzen	

[https://liveadminwindesheim.sharepoint.com/sites/O365-Afstuderen346/Gedeelde documenten/General/Hoofdrapport/Afstudeerrapport_Jomar_S1147875_Justin_S1148450_Versie2.0_\(13-2-2024\).docx](https://liveadminwindesheim.sharepoint.com/sites/O365-Afstuderen346/Gedeelde%20documenten/General/Hoofdrapport/Afstudeerrapport_Jomar_S1147875_Justin_S1148450_Versie2.0_(13-2-2024).docx)

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerrapport “Stabiliteit van tijdelijke BigBag constructies”. Dit rapport is geschreven om te voldoen aan de afstudeereisen en de bijbehorende competenties van de opleiding Civiele Techniek aan de Christelijke Hogeschool Windesheim in Zwolle. Aan dit onderzoek en rapport hebben wij vanaf 4 september 2023 tot 9 januari 2024 gewerkt.

Wij hebben dit onderzoek samen uitgevoerd en de samenwerking is ondanks een paar kleine meningsverschillen super goed gegaan. Aan het begin van het onderzoek hadden wij een moeizame start, omdat wij weinig tot geen kennis over dit onderwerp hadden. Het was dan ook lastig om een duidelijk doel aan het onderzoek te hangen. Door de begeleiding die wij hebben ontvangen en verdieping in het onderwerp door middel van literatuurstudies en interviews is het ons toch gelukt om een goed eindproduct op te leveren. De interviews regelen aan het begin van dit onderzoek was ook niet altijd even makkelijk, we kregen vaak geen antwoord of werden doorverwezen. Ondanks die kleine tegenslagen waren de afgelopen vijf maanden een erg leerzame periode op professioneel als persoonlijk vlak.

Wij willen ten eerste onze bedrijfsbegeleider ir. Tunis Hoekstra (Boorsma B.V.) bedanken voor de goede begeleiding, waardoor we houvast hebben kunnen vinden in dit onderzoek en in tijden van stagnatie op konden terugvallen. Ook willen wij alle geïnterviewden hartelijk bedanken voor de tijd, informatie en feedback die zij aan ons verleend hebben. Alle interviews hebben een grote bijdrage geleverd en hebben ervoor gezorgd dat wij niet vastliepen in ons onderzoek. In het bijzonder dank aan: Taco van der Linde (BigBagStore.nl) voor het voorzien van BigBags bij de experimenten, Edwin Zengerink (Solmax Geosynthetics) voor het tot stand brengen van de experimenten op de BigBags. Ook gaat onze dank uit naar alle andere geïnterviewden: Johan de Jongh (Heijmans), Pieterjan van Boven (Wiertsema & Partners), Arjan Grashuis (Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud), Edwin Horinga (Koninklijke Sjouke Dijkstra), Ram Jee (Safeflex, India) en Vercom International. Ook willen wij onze schoolbegeleiders Floor van de Berg van Saparoea en Peter van der Stroet bedanken voor de feedback die ons jullie ons hebben gegeven om het rapport mooi vorm te kunnen geven.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Justin Spitzen en Jomar Gernaat

Urk, 9 januari 2024

Samenvatting

Het gebruik van tijdelijke BigBag constructies in de uitvoeringsfase van bouwprojecten langs wegen en op plaatsen met beperkte ruimte komt steeds vaker voor. BigBags zijn relatief goedkoop en worden gebruikt voor het construeren van steile taluds die daardoor minder ruimte innemen. Er zijn op dit moment geen richtlijnen of handreikingen voor het ontwerp en de uitvoering van BigBag constructies. Het ontbreken daarvan kan leiden tot economische, milieu- en veiligheidsproblemen. Een voorbeeld van een situatie waarin het misging was bij knooppunt Nieuwklap Groningen in 2016. Bij het falen van de BigBag constructie was alleen sprake van materiële schade. Er zijn twee factoren die maken dat het ontwerp en de uitvoering niet altijd plaats vindt conform de algemene van toepassing zijnde geotechnische normen en richtlijnen. Dat betreft het tijdelijke karakter van de constructie en het feit dat deze alleen in de uitvoeringsfase wordt ingezet. Een specifiek op tijdelijke BigBag constructies gerichte handreiking kan een groot deel van de economische en omgevingsrisico's voorkomen. Het resultaat van dit onderzoek is uniek omdat voor het eerst een deel van de kennisleemte wordt ingevuld.

De meest voorkomende toepassing van tijdelijke BigBags constructies is bij het creëren van een steile, stabiele, en erosiebestendige voorbelasting voorafgaand aan bouwprojecten. Om het ruimtebeslag van de voorbelasting te beperken worden steile taluds gemaakt met behulp van BigBags. In het onderzoek zijn mogelijke faalmechanismen van tijdelijke BigBag constructies geïdentificeerd. Deze kunnen worden onderscheiden in micro-, meso-, en macroniveau. Een aantal van deze faalmechanismen kunnen in de werkelijkheid worden waargenomen. Elk faalmechanisme kan worden voorkomen door een maatregel in de ontwerp of uitvoeringsfase. In het ontwerpproces worden belangrijke keuzes gemaakt. Zo dienen geotechnici de bodemgesteldheid en omgevingsfactoren te analyseren en de belastingen te bepalen. Macrostabiliteit kan worden getoetst in computerprogramma's zoals D-Stability en D-GeoStability. Falen op micro- en mesoniveau kan analytisch en met het computerprogramma Plaxis worden onderzocht. Bij het kiezen van de juiste BigBag dient rekening te worden gehouden met verschillende eigenschappen. Het model van de zakken (U-panel), het type naad, de gevoeligheid voor UV-degradatie en de gevoeligheid voor kruip. De nominale sterkte van geotextielen komt namelijk niet overeen met de reële sterkte.

In het onderzoek zijn aanbevelingen geformuleerd voor het bouwen met BigBags. Deze zijn gericht op bewustwording, het herkennen van risicofactoren. Belangrijk is het begrip van de hellingshoek bij het overwegen van BigBags. Aanbevolen wordt om de inzet van tijdelijke BigBag constructies te beperken tot 2,5 jaar. In het ontwerp en de uitvoering dient aandacht

te worden geschonken aan de volgende aspecten: ondergrond en omgeving binnen de invloedsdiepte en invloedsbreedte van de BigBag constructie, bovenbelasting, hoogte van de BigBag constructie, uitspoeling, kwaliteit van BigBags, positionering, en het verdichten van de aanvulling achter de BigBag muur. Het onderzoek heeft geresulteerd in de Ontwerpwijzer Tijdelijke BigBag Constructies. De ontwerpwijzer omvat een stroomschema dat (oplossings)richtingen biedt voor verschillende omstandigheden.

Tot slot worden aanbevelingen gedaan voor vervolgeonderzoek. Voorbeelden van zaken die nader nog onderzocht kunnen worden zijn: De milieu-impact van de microplastics die vrijkomen bij het opruimen van een BigBag, het gedrag van het materiaal na blootstelling aan UV-straling, hoe stabiliteit op microniveau zich voor doet in de praktijk en hoe kunnen de kosten van BigBag een project beïnvloeden.

Summary

The use of temporary BigBag constructions in the implementation phase of construction projects along roads and at sites with limited space is becoming increasingly common. BigBags are relatively inexpensive and are used to construct steep slopes that therefore take up less space. There are currently no guidelines or manuals for the design and construction of BigBag structures. The lack of these can lead to economic, environmental and safety problems. An example where things went wrong was at junction Nieuwklap Groningen in 2016. The failure of the BigBag construction involved only material damage. There are two factors that make the design and construction not always take place in accordance with the generally applicable geotechnical standards and guidelines. These are the temporary nature of the construction and the fact that it is only used in the execution phase. A guideline specifically aimed at temporary BigBag structures can prevent a large part of the economic and environmental risks. The result of this study is unique because for the first time it fills part of the knowledge gap.

The most common application of temporary BigBags structures is in creating a steep, stable, and erosion-resistant preload prior to construction projects. To reduce the space requirement of the pre-load, steep slopes are created using BigBags. The study identified possible failure mechanism of temporary BigBag structures. These can be distinguished into micro-, meso-, and macro-level. Some of these failure mechanisms can be observed. Each failure mechanism can be prevented by an action in the design or construction phase. Important choices are made in the design process. For example, geotechnical engineers need to analyze the soil conditions and environmental factors and determine

the loads. Macro stability can be tested in computer programs such as D-Stability and D-Geo-Stability. Failure at micro and meso level can be investigated analytically and with the computer program Plaxis. Several properties should be considered when choosing the right BigBag. BigBag model (U-panel), seam type, sensitivity to UV degradation and sensitivity to creep. This is because the nominal strength of geotextiles does not match the actual strength.

The study formulated recommendations for building with BigBags. These focus on awareness, recognizing risk factors. Important is understanding the slope angle when considering BigBags. It is recommended that the deployment of temporary BigBag structures be limited to 2.5 years. The design and implementation should consider the following aspects: subsoil and environment within the influence depth and influence width of the BigBag construction, top load, height of the BigBag construction, leaching, quality of BigBags, positioning, and compaction of the backfill behind the BigBag wall. The research resulted in the Design Guide Temporary BigBag Construction. The design guide includes a flow chart that provides (solution) directions for different circumstances.

Finally, recommendations are made for follow-up research. Examples of issues that could be investigated further include: The environmental impact of the microplastics emitted when disposing BigBags, the behavior of the material after exposure to UV radiation, how micro-level stability occurs in practice and how can BigBag costs affect a project.

Inhoudsopgave

Voorwoord 3

Samenvatting 4

Summary 5

1.	Inleiding.....	13
1.1.	Aanleiding.....	13
1.2.	Maatschappelijke context	15
1.3.	Probleemstelling	16
1.4.	Doelstelling	17
2.	Onderzoek aanpak.....	18
2.1.	Vraagstelling	18
2.2.	Conceptueel model.....	18
2.3.	Leeswijzer.....	19
2.4.	Scope	20
2.5.	Methodologie	20
3.	Toepassingen van tijdelijke BigBag constructies.....	23
3.1.	Voorbelasten van samendrukbare ondergrond	24
3.2.	Grondkerende constructie.....	26
3.3.	Landaanwinning Tennet.....	28
3.4.	Verstevigen kademuur bij een woning	29
3.5.	Geluidswal.....	30
3.6.	Heiplateau nabij woning	31
3.7.	Ballast tegen onderloopsheid bij een stuw	32
3.8.	Voorkomen opdrijven tunnelbak	33
3.9.	Bescherming tegen hoogwater	34
4.	Faalmechanismen.....	35
4.1.	Faalmechanismen in micro, meso en macro	36
4.2.	Faalmechanismen uitgelegd	37

4.2.1.	Terughellen (slecht verdichte aanvulling)	37
4.2.2.	Overhellen (naar voren vallend)	37
4.2.3.	Wegschuiven onderin (macro-instabiliteit)	37
4.2.4.	Te hoge waterdruk door geotextiel.....	37
4.2.5.	Instabiliteit door te grote zettingsverschillen in langsrichting	38
4.2.6.	Instabiliteit van grondkerende constructies of taluds in het invloedsgebied van de tijdelijke BigBag constructie.....	38
4.2.7.	Onnauwkeurig stapelen	39
4.2.8.	Afschuiven.....	39
4.2.9.	Uitspoeling	39
4.2.10.	Aanrijding (langsschaven).....	40
4.2.11.	Vandalisme.....	40
4.2.12.	Slechte kwaliteit BigBags	40
4.2.13.	Zonlicht	40
5.	Ontwerpproces	41
5.1.	Macrostabiliteit.....	41
5.2.	Toetsen macrostabiliteit	42
5.2.1.	Manier 1: De BigBags als één forbidden-lijn modelleren.	42
5.2.2.	Manier 2: De BigBags modelleren als een trap van forbidden lines met Geotextielen.....	42
5.2.3.	Manier 3: Gewichtsmuur.....	43
5.3.	Instabiliteit op mesoniveau.....	44
5.3.1.	Uitgangspunten en partiële factoren	44
5.3.2.	De Berekening	47
5.3.3.	Conclusie.....	47
6.	Eigenschappen van de BigBag.....	48
6.1.	Polypropyleen.....	48
6.1.1.	Eigenschappen polypropyleen	49
6.1.2.	H030SG	49
6.2.	Mechanische eigenschappen	50

6.3.	Proeven.....	52
6.3.1.	Soorten proeven.....	52
6.3.2.	Resultaten.....	53
6.4.	Hijslussen.....	55
6.5.	De naad.....	56
6.6.	UV-straling.....	61
6.7.	Kruip.....	62
7.	Ontwerp aanbevelingen.....	64
7.1.	Steilheid.....	64
7.2.	Tijdsduur.....	65
7.3.	Ondergrond en omgeving.....	65
7.4.	Bovenbelasting.....	68
7.5.	Hoogte.....	69
7.6.	Voorkomen uitspoeling.....	70
7.7.	Opbouw met geotextiel.....	70
7.8.	Kwaliteit BigBag.....	71
7.9.	Positionering.....	71
7.10.	Verdichten aanvulling.....	72
8.	Bronvermelding.....	73
B1	Ontwerpwijzer Tijdelijke BigBag Constructies.....	76
B2	Berekeningen stabiliteit op mesoniveau.....	78

Figuur 1-1: BigBag constructie knooppunt Nieuwklap Groningen 2016, voor instorten. (Provincie Groningen, 2016)	14
Figuur 1-2: BigBag constructie knooppunt Nieuwklap Groningen 2016, na instorten. (Provincie Groningen, 2016)	14
Figuur 1-3: Tijdelijke BigBag constructie langs de weg. (BigBagStore, 2023)	15
Figuur 1-4: Tijdelijke BigBag constructie onder spoor in Haren Groningen. (Hoekstra, 2018) ..	15
Figuur 1-5: BigBags gescheurd door aanrijding.	15
Figuur 2-1: Conceptueel model.....	19
Figuur 3-1: BigBags als voorbelasting aangebracht bij project de Ring-Zuid in Groningen. (E22 Groningen, 2020)	24
Figuur 3-2: Consolidatie Zuid-Holland. (Gemeente Langsingerland, 2022).....	25
Figuur 3-3: Grondkerende BigBag wand, te herkennen aan het steilere talud. (Dijkstra)	26
Figuur 3-4: 7 lagen BigBag muur. Heeft als functie het voorbelasten van de grond en het voorkomen van uitspoelen van het zand op de weg. (Dijkstra)	27
Figuur 3-5: Plateau voor een hoogspanningsmast (Heijmans).....	28
Figuur 3-6: Plaatsing BigBags tegen instabiele kademuur. (Heijmans).....	29
Figuur 3-7: BigBags ter tijdelijke versteviging van een woning. (Heijmans)	29
Figuur 3-8: Geluidswal van BigBags langs een autoweg (Heijmans)	30
Figuur 3-9: Helicopterview van een geluidswal van BigBags langs een autoweg (Heijmans)	30
Figuur 3-10: Heiplateau van BigBags. (Heijmans)	31
Figuur 3-11: Plateau met Heikraan. (Heijmans)	31
Figuur 3-12: BigBags als ballast geplaatst in de Prinses Margriet Tunnelbak. (NOS, 2022)	33
Figuur 3-13, BigBag wand tegen hoogwater van de Maas in Limburg. (Ellen van Gaalen, 2021)	34
Figuur 4-1: BigBag constructie knooppunt Nieuwklap Groningen 2016, na instorten. (Groningen, 2016)	35
Figuur 5-1: Manier 1.....	42
Figuur 5-2, D-Geostability manier 1.	42
Figuur 5-3, Gewichtsmuur, (als L-wand)	43
Figuur 5-4: Vier proctorcurven van een grondsoort verdicht op verschillende energieniveaus, alsmede het verband tussen de bereikte verdichtingsgraden. (CROW, 2004)	45
Figuur 5-5: Opmerking tabel A.4a NEN 1997-1.....	46
Figuur 5-6: Tabel A.3 belasting factoren + uitleg (bron: NEN 1997-1)	46
Figuur 5-7: de vijf berekeningen.....	47
Figuur 5-8: berekening 1 BigBag.....	47
Figuur 6-1: korrels Polypropyleen, (Safelex, 2021)	48

Figuur 6-2: Moleculaire structuur PP (Safeflex, 2021).....	48
Figuur 6-3: Eigenschappen H030SG (Safeflex, 2021).....	50
Figuur 6-4: Voorbeeld trekbank (Admet, sd).....	52
Figuur 6-5: voorbeeld cone-drop opstelling (Ahmadi, 2017).....	53
Figuur 6-6 Cyclic top lift test.....	55
Figuur 6-7: Cyclic top lift test (Testform, Turkije, 2023)	55
Figuur 6-8: Verschillende soorten opbouw FIBC`s. (Safeflex, 2021)	56
Figuur 6-9: Sterkte richtingen doek.....	57
Figuur 6-10: Opbouw doek.....	57
Figuur 6-11: Opbouw naainaden, Tabel 4 uit de CUR174. (Rijkswaterstaat en NGO, 2009)	58
Figuur 6-12: Vlindernaad, de naad van de geteste BigBags.....	59
Figuur 6-13: Toelaatbare UV-straling voor diverse kunststoffen (Gibbesch, 2013)	61
Figuur 6-14: Kruip curve voor polypropyleen bij 20° (researchgate.nl, 2021)	62
Figuur 6-15, Indicatie van de toelaatbare trekspanning als percentage van de oorspronkelijke trekspanning als gevolg van kruip bij 20°C (Rijkswaterstaat en NGO, 2009)	62
Figuur 6-16, Grafiek van kruip over tijd.....	63
Figuur 7-1: Hellingshoek talud.....	64
Figuur 7-2: Grondsoortenkaart Nederland, (Alterra, Research Instituut voor de groene ruimte.) (Wageningen, 2023).....	66
Figuur 7-3: Zettingenkaart van 1 kubieke meter zand. (TNO – Geologische Dienst Nederland, 2016)	67
Figuur 7-4: Invloedsdiepte en invloedsbreedte.....	67
Figuur 7-5: Illustraties van invloedsgebieden nabij een BigBag wand	68
Figuur 7-6: Aanbeveling bovenbelasting.....	69
Figuur 7-7: Opbouw BigBag muur.....	69
Figuur 7-8: Advies bij geotextiel.....	70
Figuur 7-9: Aanbrengen geotextiel ter voorkomen van zanduitspoeling.....	70
Figuur 7-10: Opbouw doek en positionering.....	71
Figuur 7-11: Verschillende methoden van verdichten. (Fugro NL Land B.V., 2019)	72
 Tabel 2-1: Hoofd- en deelvragen	 18
Tabel 4-1: Faalmechanisme bij faalniveau	36
Tabel 5-1: Grondgegevens-ondergrond (Reader Geotechniek voor het HBO, 2014)	44
Tabel 5-2: Grondgegevens-aanvulling (Reader Geotechniek voor het HBO, 2014)	44
Tabel 6-1: BigBag treksterkte (Safeflex, 2021)	50
Tabel 6-2: Omgerekende waardes sterkte naar kN/m	51
Tabel 6-3: Resultaten proeven	53

Tabel 6-4: Resultaten trekproeven	54
Tabel 6-5: Gemiddelde waardes trekproeven	54
Tabel 6-6: Gemiddelde waardes overige proeven	54
Tabel 6-7: Soorten naainaden (Safeflex, 2021)	59
Tabel 6-8 Reductiegetal over tijd van polypropyleen	63

1. Inleiding

Jaarlijks worden in Nederland tientallen BigBag constructies gerealiseerd. De omvang van de constructies verschillen per project. De ene keer een wand van wel tweehonderd meter lang en de andere keer twee BigBags als versteviging van een tijdelijk muurtje. De ontwerpwijzer informeert, door inzicht te geven in de verschillende aspecten van bouwen met BigBags. Hierdoor wordt de gebruiker beter bewust van de potentiële risico's en het herkennen van factoren die risico vergrotend werken. Het stroomschema instrueert, door inzicht te geven in oplossingsrichtingen voor verschillende omstandigheden. Dit stelt de lezer in staat om zelfstandig, zonder tussenkomst van een geotechnicus of constructeur, maatregelen te treffen om risico's bij BigBag constructies te beperken.

1.1. Aanleiding

Het valt op dat langs wegen en plekken waar ruimtegebrek is steeds frequenter met BigBags gebouwd wordt. Dit brengt complicaties met zich mee. Het vermoeden bestaat dat er niet aan dergelijke tijdelijke constructies gerekend wordt. En dus geen rekening wordt gehouden met mogelijk optredende calamiteiten. Neem bijvoorbeeld het geval van knooppunt Nieuwklap Groningen in 2016. Hier gaat het fout bij het toepassen van BigBags als voorbelasting (Figuur 1-1 & Figuur 1-2) De toepassing in dit voorbeeld is om een zo steil mogelijk talud te kunnen construeren dat zo min mogelijk ruimte in beslag neemt. Daarnaast bestaan meer mogelijke toepassingen, zo worden de BigBags ook gebruikt als opslag of gewicht tegen opdrijving. BigBags worden voornamelijk gebruikt als een tijdelijke goedkope en simpele oplossing om het talud te verstevigen anders moet men een professionele oplossingen toepassen zoals stalen damwanden, betonwanden of betonelementen. Door het goedkope en simpele karakter van de BigBags worden deze veel toegepast in de bouw en infra. Naast goedkoop en simpel is de BigBag constructie bijna altijd gekenmerkt als tijdelijk, wordt vaak vertegenwoordigd als forse belasting¹ en vanwege het ruimteaspect worden deze vaak in de directe nabijheid van belendingen, personen of verkeer geplaatst.

Wordt in de praktijk voldoende aandacht besteed aan het ontwerp en de opbouw van een tijdelijke BigBag constructie? Het antwoord daarop is onbekend. Een aannemer kan zich laten bijstaan door een geotechnisch adviseur, maar kunnen de adviseurs de BigBag constructie met de beschikbare richtlijnen integraal beschouwen? Onvoldoende macro-

¹ Forse belasting:

Een rij met zand gevulde BigBags van 3 meter hoog vertegenwoordigd bijvoorbeeld al een belasting van $3 \cdot 16 = 54 \text{ kN/m}^2 \approx 5,4 \text{ ton}$

stabiliteit² tijdens het bezwijken van een damwand in de oever van het kanaal was de directe oorzaak voor het bezwijken van de BigBag constructie te Nieuwklap. Een achterliggende oorzaak zou kunnen zijn dat op dit moment geen handreikingen, richtlijnen of ontwerperegels zijn voor het construeren van tijdelijke BigBag constructies.



Figuur 1-1: BigBag constructie knooppunt Nieuwklap Groningen 2016, voor instorten. (Provincie Groningen, 2016)



Figuur 1-2: BigBag constructie knooppunt Nieuwklap Groningen 2016, na instorten. (Provincie Groningen, 2016)

² Macro-stabiliteit:

Faalmecanisme dat de stabiliteit van een dijk of dam ernstig kan bedreigen.

1.2. Maatschappelijke context

De situatie bij Nieuwklap in Groningen is zodanig dat alleen economische schade ontstond. Bij toepassing van tijdelijke BigBag constructies is echter vaker sprake van een dichtbebouwde stedelijke situatie. In een dergelijke omgeving ontstaan grotere maar ook andere risico's dan enkel economische schade. In een situatie waarin (spoor)verkeer zich onder, op, of in de nabijheid van een tijdelijke BigBag constructie bevindt, ontstaan risico's voor mensenlevens.



Figuur 1-3: Tijdelijke BigBag constructie langs de weg. (BigBagStore, 2023)



Figuur 1-4: Tijdelijke BigBag constructie onder spoor in Haren Groningen. (Hoekstra, 2018)

Voor de aanleg van tijdelijke BigBag constructies is het nodig een ontwerp te maken waarin de systeem specifieke aspecten van de BigBag constructie worden beschouwd. Denk daarbij aan: potentiële gevolgen van bezwijken voor passerende automobilisten, veiligheid voor inzittenden bij aanrijdingen, gevoeligheid voor vandalisme, en gevolgen van het scheuren van een zak. Een ander aspect vormt de verwerking van het materiaal na inzet in de tijdelijke constructie. Hoe worden BigBags verwerkt? Gebeurt dat op een wijze die milieuvriendelijk is? In hoeverre is dit proces circulair?



Figuur 1-5: BigBags gescheurd door aanrijding.

1.3. Probleemstelling

Door sprake van een kennisleemte op het gebied van tijdelijke BigBag constructies in de bouw en infrastructuur zijn de kansen op falen groter en onbeheersbaar. Dit komt tot uitdrukking in het feit dat op dit moment geen handreikingen of richtlijnen zijn voor het ontwerp en de uitvoering van tijdelijke BigBag constructies. Het falen van dergelijke constructies kan zorgen voor letselschade, economische schade, milieuschade of kan eventueel leiden tot levensbedreigende situaties. Deze gevolgen hebben grote effecten op de aannemers tijdens de bouw, opdrachtgevers en de directe omgeving, maar omdat BigBag constructies vaak langs wegen en spoorwegen liggen heeft het ook effect op de omwonenden. Naast de bovengenoemde directe gevolgen kunnen aannemers, fabrikanten en opdrachtgevers imagoschade oplopen. De fabrikant van de BigBags kan door de calamiteiten zijn product niet meer met zekerheid verkopen. Opdrachtgevers zoals de overheid zal haar betrokken inwoners moeten compenseren, economische schade moeten vergoeden of milieucalamiteiten oplossen.

Het falen van tijdelijke BigBag constructies kan dus een grote impact hebben op people, planet en profit³. Het ontbreken van richtlijnen is een probleem voor de bouw en infrastructuur in Nederland en België. Dit probleem is tot nu toe* terug te traceren tot de jaren '90 en vindt tot het heden plaats. De BigBag bestond al wel eerder, maar werd voor die tijd niet toegepast als constructiemateriaal. Het falen van de BigBags constructies ontstaat grotendeels door de volgende mogelijke oorzaken: stapeldruk, ineffectieve geometrieën, de manier van stapelen, niet optimaal schikken van de BigBag en vandalisme. Ook heeft het generieke (geotechnische) oorzaken zoals zetting, afschuiven en systeem specifieke oorzaken. Het bijeenbrengen en ontwikkelen van (nieuwe) kennis in dit afstudeeronderzoek moet daarom bijdragen aan een beheersbare situatie van de stabiliteit.

³ People, planet en profit. Term uit de duurzame ontwikkeling. Het staat voor de drie elementen people, planet en profit, die op harmonieuze wijze gecombineerd zouden moeten worden

* Op het moment van schrijven (26-09-2023)



1.4. Doelstelling

Het doel is om door middel van kwalitatief en kwantitatief onderzoek meer inzicht te creëren in de faalmechanismen en eigenschappen van tijdelijke BigBag constructies. Daarnaast dient het onderzoek inzicht te geven in de randvoorwaarden en uitgangspunten die nodig zijn voor het veilig en betrouwbaar aanleggen van verschillende tijdelijke BigBag constructies. De bevindingen van het onderzoek dienen bruikbaar te zijn voor de bouw- en infrasector waardoor de maatschappelijke gevolgen van falen, in termen van tijd, geld en risico's voor mensenlevens kunnen worden vermeden. Het doel is te komen tot een handzame set van ontwerp- en uitvoeringsregels en aanbevelingen in de vorm van een bondige en visueel aantrekkelijke ontwerpwijzer. Welke gebruikt kan worden voor het ontwerp en de aanleg van tijdelijke BigBag constructies. De aanbevelingen en rekenregels beschreven in deze ontwerpwijzer geven een bijdrage aan het inzetten van tijdelijke BigBag constructies.

2. Onderzoek aanpak

2.1. Vraagstelling

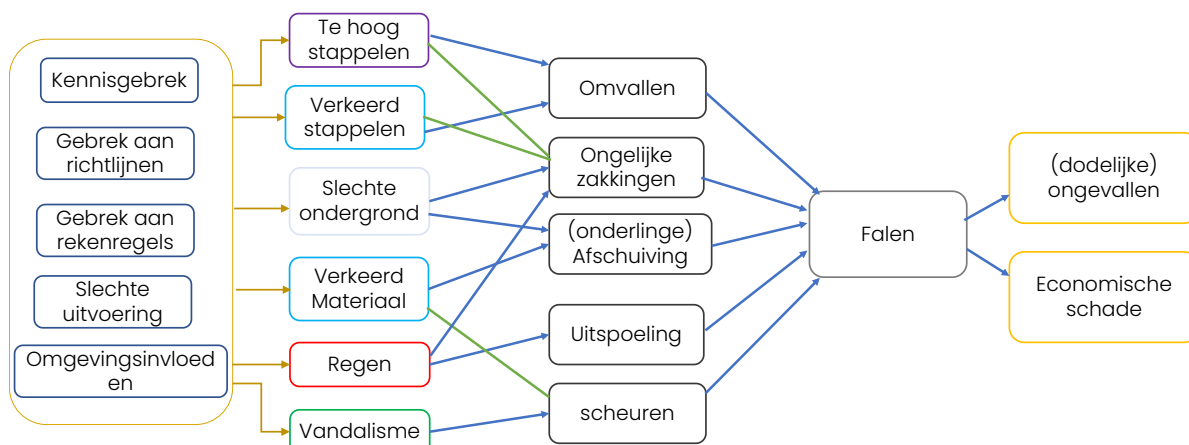
Om de doelstelling in die hiervoor beschreven staat te kunnen realiseren, luiden de hoofd- en deelvragen als volgt:

Tabel 2-1: Hoofd- en deelvragen

Hoofdvraag	
Welke aanbevelingen kunnen worden gegeven in het ontwerp en de uitvoering van tijdelijke BigBag constructies in de bouw- en infrasector?	
Deelvragen	1. Voor welke doelen en op welke wijze worden tijdelijke BigBag constructies tot op heden ingezet?
	2. Wat zijn mogelijke faalmechanismen van BigBag constructies?
	3. Op welke wijze worden tijdelijke BigBag constructies tot op heden ontworpen?
	4. Wat zijn de (constructieve) eigenschappen van BigBags?
	5. Welke aanbevelingen kunnen worden gedaan voor het ontwerp en de uitvoering van tijdelijke BigBag constructies?

2.2. Conceptueel model

Met een conceptueel model wordt voorafgaand aan het onderzoek in beeld gebracht wat het onderzoeksonderwerp is, welke elementen daarbij horen, de belangrijke begrippen en factoren uit de probleemstelling behandeld. In het conceptueel model zijn de verschillende relaties aangegeven met pijlen en lijnen. De pijlen geven een oorzaak-gevolgrelatie aan, waarbij het begin van de pijl de oorzaak aangeeft en het einde een gevolg. De elementen verbonden met een reguliere lijn hebben een correlatie, waarbij ze wel samenhang hebben met elkaar, maar geen directe oorzaak-gevolgrelatie.



Figuur 2-1: Conceptueel model

2.3. Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd vanuit de hoofd- en deelvragen. In hoofdstuk 3 worden er verschillende toepassingen van BigBags beschreven binnen de infrastructuur. Deze toepassingen zijn gevonden tijdens de literatuurstudies en interviews en geven antwoord op de eerste deelvraag: Voor welke doelen en op welke wijze worden tijdelijke BigBag constructies tot op heden ingezet? In hoofdstuk 4 worden verschillende faalmechanisme behandeld, deze zijn opgesomd en met illustraties weergegeven. Deze faalmechanismen vormen samen het antwoord op de tweede deelvraag. In hoofdstuk 5 worden de hedendaagse ontwerpprocessen beschreven die geotechnische adviseurs hebben toegepast op BigBag constructies, daarnaast wordt ook een handschreven berekening weergegeven wat een benadering illustreert van het berekenen op mesoniveau. Hoofdstuk 5 geeft antwoord op de derde deelvraag: Op welke wijze worden tijdelijke BigBag constructies tot op heden ontworpen. In hoofdstuk 6 ofwel deelvraag 4: wat zijn de (constructieve eigenschappen van BigBags? Wordt verkregen informatie van producenten en verkopers uitgelegd, daarnaast zijn resultaten te vinden van proeven die zijn uitgevoerd om de verkregen informatie te controleren. Deelvraag 5 vormt de basis van het eindproduct: Welke aanbevelingen kunnen worden gedaan voor het ontwerp en de uitvoering van tijdelijke BigBag constructies? Hier worden alle tips en aanbevelingen gegeven voor het realiseren van een tijdelijke BigBag constructie. Dit is ook het voorzetje van het eindproduct en dat is de ontwerpwijzer, die is te vinden in bijlage B1.

2.4. Scope

Binnen het onderzoek vallen de volgende zaken buiten de scope, zodat het onderzoek niet een te breed spectrum moet waarborgen en de resultaten kwalitatief haalbaar blijven binnen 20 weken.

Wat mag buiten beschouwing worden gelaten:

- a) Brandgevaar op het materiaal;
- b) Effecten van brand op de BigBag constructie;
- c) Milieuschade⁴;
- d) Kosten van de BigBag;
- e) De opslag van levensmiddelen;

2.5. Methodologie

De volgende methodieken zijn gebruikt per deelvraag:

Deelvraag 1: **Voor welke doelen en op welke wijze worden tijdelijke BigBag constructies tot op heden ingezet?**

- Literatuuronderzoek:
Zoektermen: BigBags, BigBag constructie, grondkering, voorbelasting, waterkering, stuw.
- Bronnen: Geotechnische boeken, artikelen over BigBags constructies, geotechnische artikelen.
- Interviews: aannemers, producenten van BigBags, opdrachtgevers, geotechnisch adviseur.
- Analyse van bestaand materiaal:

In het literatuuronderzoek van deelvraag 1 wordt vooral gezocht naar artikelen of websites van oude, lopende en/ of nieuwe projecten waarbij BigBags worden gebruikt. Tijdens de interviews met de aannemers en producenten wordt extra informatie gegeven over de verschillende constructies die zijn gemaakt of worden gemaakt.

⁴ Milieuschade: *Binnen het onderzoek worden er wel resultaten gezocht die positief zijn vanuit het milieuoogpunt, maar de milieu impact zal niet gekwantificeerd worden door middel van bijvoorbeeld MKI's en dergelijke.*

Deelvraag 2: Wat zijn mogelijke faalmechanismen van BigBag constructies?

- Literatuuronderzoek:
Zoektermen: BigBag, BigBag constructie, kuubzakken, grondkering, voorbelasting, waterkering, stuw.
- Bronnen: Geotechnische boeken, artikelen over BigBag constructies, geotechnische artikelen.
- Interviews: aannemers, producenten van BigBag, opdrachtgevers, geotechnisch adviseur
- Analyse van bestaand materiaal.
- Experimenten: zelf een BigBag constructie (op schaal) op verschillende manieren proberen te laten bezwijken.

Bij de bovenstaande deelvraag wordt tijdens het literatuuronderzoek alleen gefocust op het vinden van artikelen van situaties. Tijdens de interviews hebben de aannemers en producenten meer informatie verstrekt over hoe en waarom het fout ging, daarnaast kan bijvoorbeeld een opdrachtgever de gevolgen verstrekken.

Deelvraag 3: Op welke wijze worden tijdelijke BigBag constructies tot op heden ontworpen en gebouwd?

- Literatuuronderzoek:
BigBag, BigBag constructie, kuubzakken, grondkering, voorbelasting, waterkering, stuw.
- Bronnen: Geotechnische boeken, artikelen over BigBag constructies, geotechnische artikelen. Zelf kijken bij BigBag constructies,
- Interviews: aannemers, producenten van BigBag, opdrachtgevers, geotechnisch adviseur.
- Analyse van bestaand materiaal.
- Observatie: een bouwplaats bezoeken.

Zoals in de eerste deelvraag beschreven werd tijdens het literatuuronderzoek gekeken voor informatie in artikelen en websites van projecten. Deze informatie wordt dan ook aangevuld met de input die we krijgen van voornamelijk de aannemers.

Deelvraag 4: Wat zijn de (constructieve) eigenschappen van BigBags?

- Literatuuronderzoek:
Zoektermen: BigBag, BigBag constructie, kuubzakken, grondkering, voorbelasting, waterkering, stuw.
- Bronnen: Geotechnische boeken, artikelen over BigBag constructies, geotechnische artikelen.
- Interviews: aannemers, producenten van BigBag, opdrachtgevers, geotechnisch adviseur, werktuigbouwkundige studenten.
- Analyse van bestaand materiaal.
- Experiment: BigBags testen en toetsen op bepaalde eigenschappen.

De bovenstaande deelvraag is een literatuuronderzoek naar de eigenschappen van een BigBag. In dit geval wordt dan gekeken naar de constructieve eigenschappen van de zak materiaal. Deze informatie kan worden aangevuld met de informatie dat een producent. De bevindingen uit literatuuronderzoek en interviews zijn getest door lab proeven uit te voeren.

Deelvraag 5: Welke aanbevelingen kunnen worden gedaan voor het ontwerp en de uitvoering van tijdelijke BigBag constructies?

- Literatuuronderzoek:
Zoektermen: BigBag, BigBag constructie, kuubzakken, grondkering, voorbelasting, waterkering, stuw, zelf kijken bij constructies of aannemer.
- Bronnen: geotechnische boeken, artikelen over BigBag constructies, geotechnische artikelen.
- Interviews: aannemers, producenten van BigBag, opdrachtgevers, geotechnisch adviseur.
- Observatie: een locatie met een BigBag constructie bezoeken of bouwplaats.

Bij de bovenstaande deelvraag wordt door middel van een literatuuronderzoek, onderzocht of bestaande richtlijnen en rekenmethodes de bevindingen van de bovenstaande vragen kunnen ondersteunen. Daarnaast zijn interviews uitgevoerd om te onderzoeken wat voor rekenregels en richtlijnen de praktijk nodig zal te hebben.



3. Toepassingen van tijdelijke BigBag constructies

In de wereld van de infrastructuur spelen BigBags een opkomende rol. Ze worden al veel ingezet bij tijdelijke constructies. BigBags bieden een efficiënte oplossing voor het creëren van structuren die een tijdelijk karakter hebben. De zakken worden bij de situaties die in dit hoofdstuk beschreven worden eigenlijk altijd gevuld met zand. Andere materialen is te tijdrovend of niet kosteneffectief. Het meest worden ze ingezet bij het keren van grondconstructies en voorbelasten, echter is het aannemers niet ontgaan dat ze multifunctioneel ingezet kunnen worden. In dit hoofdstuk wordt duidelijk waar BigBags al dan niet voor gebruikt worden. Het polypropyleen (PP) doek maakt het mogelijk aanzienlijke hoeveelheden te dragen, waardoor ze ideaal zijn voor (grootschalige) bouwprojecten. Bovendien dragen BigBags bij aan een georganiseerd beheer van materialen op de bouwplaats, wat de efficiëntie bevordert. Veel toepassingen voegen iets toe aan de duurzaamheid en efficiëntie van de uiteindelijke infrastructuur. De veelzijdigheid van BigBag constructies draagt wezenlijk bij aan het succesvol realiseren van diverse projecten.

3.1. Voorbelasten van samendrukbare ondergrond

Het primaire doel van een BigBag constructie is om een steile, stabiele en erosiebestendige voorbelasting aan te brengen voordat aan een bouw of infra project wordt begonnen. Dit is makkelijk en goedkoop te realiseren met een BigBag wand. Eén enkele standaard BigBag heeft namelijk al een massa van ongeveer 1600 kilogram ($1\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 1\text{m} \cdot 1600\text{kg/m}^3$). Zet er meerdere naast- en op elkaar, en de klei, veen, leem of zandlaag zal zetting vertonen. Deze consolidatie⁵ is te berekenen door de geotechnisch adviseur. Zo kan precies worden berekend wat de restzetting (onvolledige consolidatie, dus voorbelasting is te snel verwijderd of te klein. Dit is voor een deel ook kruipgedrag) is van het voorbelaste oppervlak. Dit is gunstig om later grote kunstwerken of andere constructies op te bouwen. Op deze manier zakt de grond minder na.



Figuur 3-1: BigBags als voorbelasting aangebracht bij project de Ring-Zuid in Groningen. (E22 Groningen, 2020)

⁵ Consolidatie:

Proces waarmee water uit een grondpakket wordt geperst. Ander woord voor zetting. De bodem krimpt hierbij in.

Door een tijdelijke belasting aan te brengen van BigBags, kan het water uit de grond worden geperst, hierdoor treedt consolidatie op en wordt de draagkracht van de bodem verbeterd. De BigBags worden gevuld om aan gewicht te komen. Meestal met zand en soms grond. Om de benodigde belasting op de grond uit te oefenen worden de BigBags gelijkmatig over het te consolideren gebied geplaatst. De duur van het voorbelasten kan variëren en is afhankelijk van de eigenschappen van de grond en de gewenste consolidatiegraad. Het proces kan enkele weken tot 2 jaar duren. Wanneer een constructie langer staat moet men wel rekening houden met de UV-degradatie van het polypropyleen. Voorbelasten vereist nauwkeurige monitoring van de grond om de consolidatie en stabiliteit te beoordelen. Dit kan worden gedaan met behulp van instrumenten zoals peilbuizen, zakbaken, vervormingsmeters en grondwatermetingen. Nadat de voorbelasting is voltooid en de gewenste hoogte is bereikt, worden de BigBags verwijderd. Het gebied zal nu minder hinder ondervinden van zettingen.



Figuur 3-2: Consolidatie Zuid-Holland. (Gemeente Langsingerland, 2022)

3.2. Grondkerende constructie

Grondkerende BigBag constructies worden gebruikt als een tijdelijke oplossing voor het stabiliseren van grond en het voorkomen van erosie. Vooral op bouwplaatsen, dijken, oevers of andere gebieden waar sprake kan zijn van grondverschuivingen worden BigBag wanden toegepast. Wanneer de BigBag wordt aangebracht in een talud van 2: 1 (verticaal: horizontaal) spreekt men over een grondkerende constructie.

Het belangrijkste doel is het voorkomen van grondverschuivingen, erosie en instabiliteit van hellingen. BigBag constructies worden vaak gebruikt als tijdelijke maatregel in afwachting van permanente oplossingen. Zoals betonnen muren, damwanden of andere structuren. Als de periode waarin de BigBag wand staat korter is dan 2,5 jaar kunnen nog BigBag constructies worden toegepast. Als het toch langer wordt past men ook wel eens gewapende grondconstructies toe. BigBag wanden hebben altijd een tijdelijk karakter.

De BigBags worden gevuld met zand. Dan worden de BigBags gepositioneerd op de hellingen of locaties waar grondverschuivingen dreigen. De BigBags worden op elkaar gestapeld om een stabiele barrière te vormen. Vaak gaat het voorbelasten van de grond en het keren van de grond hand in hand met elkaar. Overlappen van de BigBags gebeurt om interlocking te creëren.



Figuur 3-3: Grondkerende BigBag wand, te herkennen aan het steilere talud.
(Dijkstra)

Grondkerende BigBag constructies zijn tijdelijk van aard en moeten onderhouden worden om ervoor te zorgen dat ze hun stabiliserende functie behouden. Weersinvloeden en erosie kunnen de effectiviteit in de loop van de tijd verminderen. Bij het gebruik van grondkerende BigBag constructies is het belangrijk om aandacht te besteden aan de mogelijke milieueffecten. Het blijft een plastic en bij verwijdering kunnen stukken doek in het zand achterblijven.

Grondkerende BigBag constructies bieden een snelle, flexibele en kosteneffectieve oplossing voor tijdelijke stabilisatie van hellingen en voorkomen van erosie, maar het is belangrijk om ze als een tussenoplossing te beschouwen, in afwachting van meer permanente maatregelen.



Figuur 3-4: 7 lagen BigBag muur. Heeft als functie het voorbelasten van de grond en het voorkomen van uitspoelen van het zand op de weg. (Dijkstra)

3.3. Landaanwinning Tennet

Landaanwinning door middel van BigBags is een methode waarbij BigBags worden gebruikt om ruimte te creëren door het opvullen van watergebieden zoals meren, baaien of kustgebieden. Deze techniek is een enkele keer toegepast voor projecten zoals havenontwikkeling, de aanleg van kunstmatige eilanden of de uitbreiding van kustlijnen. (Heijmans)



Figuur 3-5: Plateau voor een hoogspanningsmast (Heijmans)

In Figuur 3-5 wordt weergegeven hoe de landaanwinning voor de plaatsing van een hoogspanningsmast gaat. Een heimachine, sondeermachine en graafmachine bewegen zich gunstiger voort op zand waar deze machines niet in wegzakken. De blubberachtige Waddenzee is zonder toevoegingen niet draagkrachtig genoeg voor deze werktuigen. Het doel van landaanwinning is het vergroten van landoppervlak, hetzij voor stedelijke ontwikkeling, industrieel gebruik, landbouw of in dit geval voor een hoogspanningsmast. Deze methode is gebruikt op een locatie waar traditionele landaanwinningstechnieken mogelijk niet haalbaar of te duur zijn. Landaanwinning kan aanzienlijke milieu-impact hebben, waaronder verstoring van ecosystemen en veranderingen in waterstromen. Daarom is het belangrijk om bij landaanwinning met BigBags milieueffectbeoordelingen uit te voeren en maatregelen te nemen om de impact te minimaliseren. Tijdens en na het landaanwinningsproces is regelmatige monitoring belangrijk. Dit omvat het controleren van de stabiliteit van het opge vulde gebied, het beoordelen van milieueffecten en het uitvoeren van onderhoudsmaatregelen.

3.4. Verstevigen kademuur bij een woning

Het verstevigen van kademuren met behulp van BigBags is een techniek die wordt toegepast om de stabiliteit van de kademuren te verbeteren en bescherming te bieden tegen erosie, overstromingen en golfaanvallen. Ook kan structurele zwakte tijdelijk voorkomen worden. De BigBags worden gevuld met zand of grind en worden strategisch geplaatst langs de kademuur. Ze fungeren als beschermende barrière en absorberen de impact van golven en stroming, waardoor de druk op de kademuur afneemt. Ze kunnen worden gepositioneerd die het meest gunstig is voor de locatie. BigBags worden gebruikt als tijdelijke oplossing en het vullen en plaatsen van BigBags is minder tijdrovend dan het bouwen van permanente constructies. Hierdoor is het een geschikte oplossing voor noodsituaties en/of tijdelijke bescherming. Net als bij andere beschermingsmethoden is regelmatige monitoring van de BigBags en de kademuur essentieel. Dit omvat het controleren op tekenen van erosie en verschuivingen. Indien nodig moeten Onderhoudswerkzaamheden snel worden uitgevoerd. Het gebruik van BigBags kan worden gecombineerd met andere beschermingsmaatregelen, zoals het aanbrengen van bekleding op de kademuur of traditionele verstevigingen.



Figuur 3-6: Plaatsing BigBags tegen instabiele kademuur. (Heijmans)



Figuur 3-7: BigBags ter tijdelijke versteviging van een woning. (Heijmans)

3.5. Geluidswal

Het gebruik van BigBags voor geluidswallen is een creatieve en effectieve toepassing om geluidsoverlast te verminderen. Geluidswallen worden ingezet langs wegen, spoorwegen of andere bronnen van lawaai om geluidsgolven te absorberen en deze naar de lucht te begeleiden. Het doel is om geluidsoverlast te reduceren tot een dragelijk niveau. BigBags worden gestapeld om een geluidswal te vormen. Het voordeel van BigBags is de flexibiliteit en aanpasbaarheid. Ze kunnen gemakkelijk worden verplaatst en opnieuw worden gerangschikt, waardoor ze geschikt zijn voor locaties waar permanente structuren moeilijker te realiseren zijn. De effectiviteit van geluidswallen met BigBags hangt af van de hoogte. Correct ontwerp en positionering spelen ook een cruciale rol in het maximaliseren van de geluidsdempingseffecten. Net als bij andere toepassingen van BigBags maakt het gebruik van deze flexibele zakken een relatief snelle oplossing mogelijk. Dit is vooral handig bij tijdelijke situaties waar onmiddellijke geluidsdemping vereist is.



Figuur 3-8: Geluidswal van BigBags langs een autoweg (Heijmans)



Figuur 3-9: Helicopterview van een geluidswal van BigBags langs een autoweg (Heijmans)

3.6. Heiplateau nabij woning

Een tijdelijk heiplateau van BigBags is gebruikt als een oplossing voor het heien op een talud, omdat de heikraan op een vlakke ondergrond moet staan is een tijdelijk grondlichaam gecreëerd van BigBags. Dit zorgt voor ondersteuning en stabiliteit tijdens heiboringen. Ook voordelig is het verdelen van belasting van de heistelling over een groter oppervlak, zo vermindert de druk op de bodem en dijk. Een belangrijk voordeel van het gebruik van BigBag is dat ze gemakkelijk te verplaatsen en opnieuw te stellen zijn. Een tijdelijk heiplateau met BigBags kan snel geïmplementeerd worden waardoor de efficiëntie van het heiwerk wordt verbeterd. Dit is vooral handig op locaties waar tijdelijke ondersteuning nodig is en waar permanente constructies niet praktisch zijn.



Figuur 3-10: Heiplateau van BigBags.
(Heijmans)



Figuur 3-11: Plateau met Heikraan. (Heijmans)

3.7. Ballast tegen onderloopsheid bij een stuw

Bij stuw de Haandrik zijn BigBags toegepast om onderloopsheid te voorkomen. Onderloopsheid, piping of kwel is een verschijnsel waarbij water onder de dijk of fundering van een sluis of stuw doorstroomt. Op deze manier wordt erosie veroorzaakt dat falen tot gevolg kan hebben. Daar worden de BigBags als een barrière geplaatst om de stroming af te remmen en het waterpeil achter de stuw te verhogen. Het doel hiervan is om onderloopsheid te voorkomen door het creëren van een fysieke barrière. Het gebruik van BigBags biedt flexibiliteit en aanpasbaarheid aan zulke omstandigheden. Ze kunnen gemakkelijk worden verplaatst en aangepast aan de specifieke vorm en behoeften van de locatie. BigBags kunnen snel worden toegepast, wat handig is op risico's van onderloopsheid of als tijdelijke maatregel in afwachting van permanente oplossingen. Het gebruik van BigBags als bescherming tegen piping bij sluizen is een praktische en kosteneffectieve oplossing. Het is echter belangrijk om deze toepassing te combineren met een grondige geotechnische analyse en monitoring om ervoor te zorgen dat de BigBags echt effectief zijn in het voorkomen van onderloopsheid en de BigBags moeten stabiel blijven onder invloed van waterdruk.

3.8. Voorkomen opdrijven tunnelbak

Het fenomeen van het opdrijven van een tunnelbak, specifiek die van het Prinses Margriet Aquaduct, heeft te maken met de wetten van de hydrostatica. Wanneer de waterdruk aan de onderzijde van een tunnelbak groter is dan de druk aan de bovenzijde, kan de tunnelbak gaan opdrijven. Het opdrijven zelf wordt veroorzaakt door bezweken grondankers van staal. Om het opdrijven te voorkomen worden BigBags gebruikt. Deze kunnen worden gevuld en in de tunnelbak worden geplaatst, zo wordt het totale gewicht van de tunnelbak verhoogd. Dit extra gewicht compenseert de opwaartse kracht van het water en gaat het opdrijven tegen. De BigBags worden zo gepositioneerd om een evenwichtige gewichtsverdeling te bereiken. Hierdoor wordt voorkomen dat de tunnelbak ongelijkmatig wordt belast, wat de stabiliteit kan beïnvloeden. BigBags worden gebruikt voor de flexibiliteit en aanpasbaarheid. Ze kunnen gemakkelijk worden verplaatst of aangepast om zich aan te passen aan veranderende omstandigheden, zoals fluctuaties in waterstanden. Het vullen en plaatsen van BigBags is sneller dan het aanbrengen van permanente ballastmaterialen. In noodsituaties kan dit dus snel worden ingezet als tijdelijke maatregel om het opdrukken te voorkomen.



Figuur 3-12: BigBags als ballast geplaatst in de Prinses Margriet Tunnelbak. (NOS, 2022)

3.9. Bescherming tegen hoogwater

In gevallen van veel regenval of hevige stormen kan het waterpeil in Nederland flink stijgen. BigBags kunnen dan worden ingezet als een effectieve en snelle maatregel ter voorkoming van overstromingen door hoogwater. Ze worden strategisch geplaatst op dijken of kades om waterbarrières te creëren en beschermende dammen op te werpen. De voordelen van het gebruik van BigBags bij overstromingspreventie is de snelle implementatie. Ze kunnen snel worden gevuld, geplaatst en gestapeld, waardoor ze een ideale noodmaatregel zijn bij dreigend hoogwater. Wel moet worden opgemerkt dat het legen van de BigBags en het verwijderen van het gebruikte materiaal zorgvuldig moet worden uitgevoerd om milieuschade te voorkomen. Regelmatige monitoring is essentieel om ervoor te zorgen dat de BigBags hun functie behouden. Onderhoudswerkzaamheden, zoals het aanvullen van het materiaal of het versterken van de barrière kunnen nodig zijn.



Figuur 3-13, BigBag wand tegen hoogwater van de Maas in Limburg. (Ellen van Gaalen, 2021)

4. Faalmechanismen

Wat zijn mogelijke faalmechanismen van tijdelijke BigBag constructies? Dit hoofdstuk beschrijft de faalmechanismen die zich voor kunnen doen bij tijdelijke BigBag constructies. De faalmechanismen fungeren als een belangrijk onderdeel voor ons onderzoek. In dit hoofdstuk wordt duidelijk op welk niveau de constructie zou kunnen falen. Dit wordt ingedeeld op micro, meso- en macroniveau. Bij microniveau wordt geïnventariseerd naar eventueel opkomende faalmechanismen die betrekking hebben op het materiaal. Bij meso niveau wordt beoordeeld per element wat fout kan gaan. Bij macroniveau wordt de gehele constructie geïnventariseerd, ook wat voor spanningen in de grond optreden en andere omgevingsfactoren, zoals de nabijheid van sloten of keerwanden.



Figuur 4-1: BigBag constructie knooppunt Nieuwklap Groningen 2016, na instorten. (Groningen, 2016)

4.1. Faalmechanismen in micro, meso en macro

De faalmechanismen van tijdelijke BigBag constructies kunnen worden onderzocht op verschillende niveaus: micro, meso en macroniveau. In Tabel 4-1 staat weergegeven bij welk faalmechanisme het bijbehorende niveau hoort. Microniveau is gericht op het materiaal als maatgevende factor. Faalniveaus op microniveau zijn dus: aanrijding, vandalisme, slechte kwaliteit BigBags en degradatie door zonlicht. Bij meso faalniveaus wordt meer gekeken naar de individuele BigBag. Micro en macro overlappen met meso omdat een enkele falende BigBag een kettingreactie in gang kan zetten bij de andere faalniveaus. Onder mesoniveau valt: onnauwkeurig stapelen, afschuiven, uitspoeling, slecht schikken BigBag en aanrijding. Macroniveau richt zich op delen van de constructie. Waar groepen BigBags falen wordt dit bij macroniveau ondergebracht. Hieronder vallen: terughellen, overhellen, wegschuiven onderin, Te hoge waterdruk door geotextiel, instabiliteit door te grote zettingsverschillen in langsricting, Instabiliteit van grondkerende constructies aan de benedenzijde van de tijdelijke BigBag constructie, onnauwkeurig stapelen en per BigBag afschuiven.

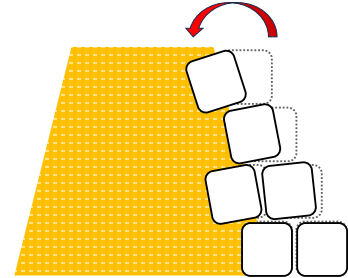
Tabel 4-1: Faalmechanisme bij faalniveau

Faalmechanisme of oorzaak:	Faalniveau:		
	Micro (materiaal)	Meso (element)	Macro (constructie)
1) Terughellen (Slecht verdichte aanvulling)			x
2) Overhellen (naar voren vallend)			x
3) Wegschuiven onderin (Macro-instabiliteit)			x
4) Te hoge waterdruk door geotextiel			x
5) Instabiliteit door te grote zettingsverschillen in langsricting.			x
6) Instabiliteit van grondkerende constructies.			x
7) Onnauwkeurig stapelen		x	x
8) Afschuiven		x	x
9) Uitspoeling		x	
10) Aanrijding (langsschaven)	x	x	
11) Vandalisme	x		
12) Slechte kwaliteit BigBags	x		
13) Zonlicht	x		

4.2. Faalmechanismen uitgelegd

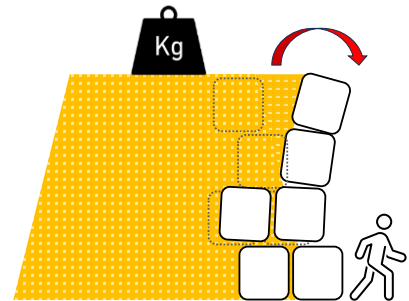
4.2.1. Terughellen (slecht verdichte aanvulling)

Het falen door middel van het vallen in eigen talud is een faalmechanisme op macroniveau. Oorzaak hiervan is het slecht verdichten van het zand achter de BigBag muur. Ook zettingen in de ondergrond waar het zand op rust kan ervoor zorgen dat de wand gaat terughellen. Met een sondeerapparaat kan worden gemeten of het aangebrachte zand voldoende wordt verdicht.



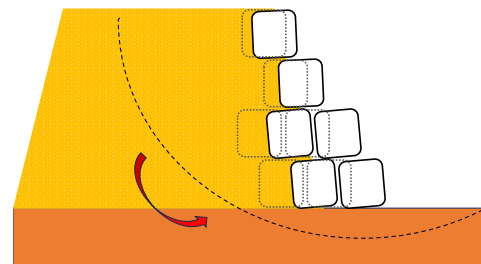
4.2.2. Overhellen (naar voren vallend)

Als de BigBag constructie voorovervalt op de weg of andere naastgelegen elementen is de algemene grondspanning te hoog geworden in het hele talud. Dat ontstaat doordat er op de bovenkant van het talud extra belasting is gekomen bijvoorbeeld een shovel of ander tijdelijk gewicht. Het kan herkend worden in het beginstadium d.m.v. scheuren boven op het talud.



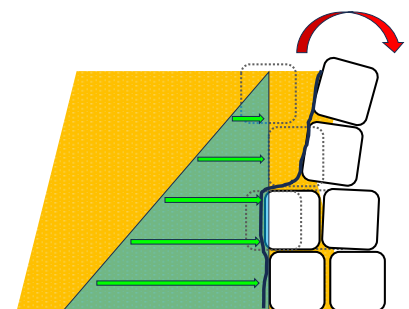
4.2.3. Wegschuiven onderin (macro-instabiliteit)

Wanneer de BigBag constructie onderin wegschuift richting naastgelegen elementen is de grondspanning te hoog geworden in het onderste gedeelte van het talud. Doordat onder in de BigBags wegschuiven, ontstaat ruimte waardoor bovenin BigBags wegzakken. En zo de druk horizontaal ook groter wordt waardoor die faalt.



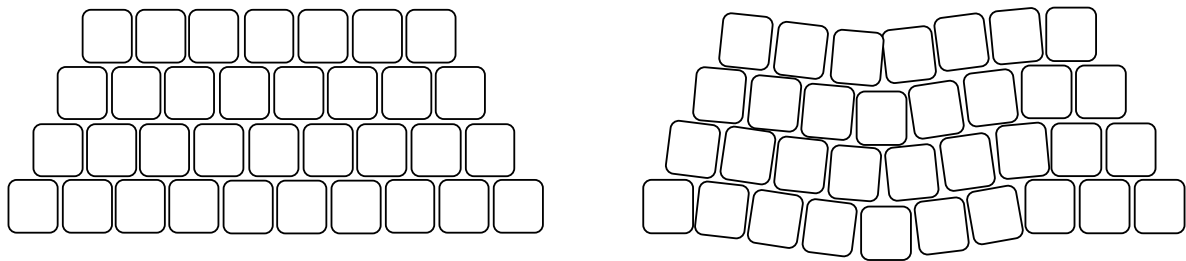
4.2.4. Te hoge waterdruk door geotextiel

Op het moment dat een geotextiel tegen uitspoeling wordt geplaatst verminderd de waterdoorlatendheid van de constructie. Een geotextiel is waterdoorlatend, echter niet goed en door blocking, blinding of glogging gaan de poriën dicht zitten, (Rijkswaterstaat en NGO, 2009) zo ontstaat een te grote waterdruk waardoor de BigBag muur kan overhellen.



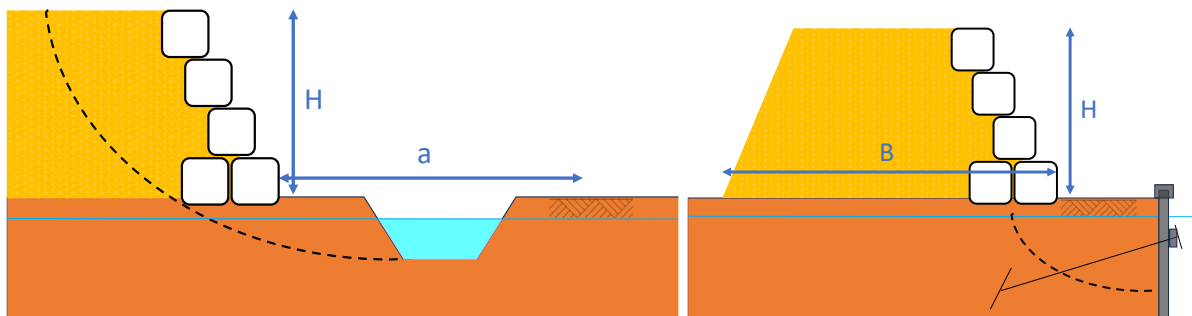
4.2.5. Instabiliteit door te grote zettingsverschillen in langsrichting

Wanneer BigBags ingezet worden voor gecontroleerde zetting wordt dit ook wel voorbelasten genoemd. Wanneer de dikte van het samendrukbaar pakket dat voorbelast moet worden varieert over de lengte van de constructie moet de hoogte van de tijdelijke BigBag constructie daar op worden afgestemd anders ontstaan er zettingsverschillen. Te grote zettingsverschillen kunnen leiden tot instabiliteit van de tijdelijke BigBag constructie. Door een verzakkende/ slechte ondergrond kunnen hele delen van een constructie falen. Vaak worden BigBags ook toegepast om juist zetting te verkrijgen. Het gewicht van de BigBag constructie zorgt dan voor gecontroleerde zetting.



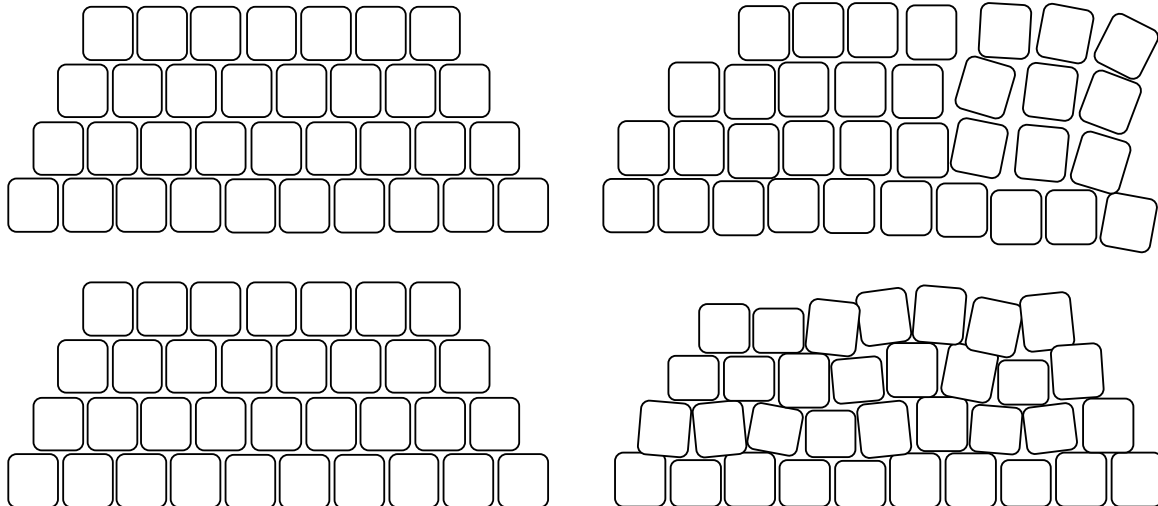
4.2.6. Instabiliteit van grondkerende constructies of taluds in het invloedsgebied van de tijdelijke BigBag constructie

Succesvol toepassen van een tijdelijke BigBag constructie kan worden beperkt wanneer zich een ontgraving (watergang) of damwand in het invloedsgebied van de BigBag constructie bevindt die de macrostabiliteit nadelig beïnvloedt. De invloedsbreedte a is gelijk aan de grootste waarde van $a \geq 3 \cdot B$ of $a \geq 3 \cdot H$ (Reader Geotechniek voor het HBO, 2014). Voor de afstand van deze invloeden wordt gekeken met de formule $a \geq 3 \cdot B$ of $a \geq 3 \cdot H$. Instabiliteit is te voorkomen door voldoende afstand te houden of de damwand voldoende sterk te maken.



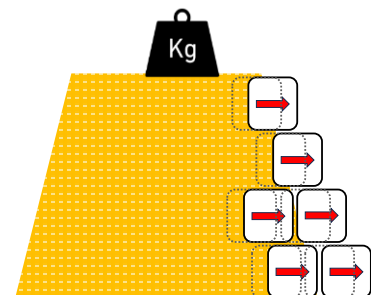
4.2.7. Onnauwkeurig stapelen

Door het onnauwkeurig stapelen kunnen enkele elementen van een constructie falen, maar ook hele delen. Onnauwkeurig stapelen ontstaat door onzorgvuldig werken in de uitvoering, het niet aanbrengen van een verband in de stapel, onnodige ruimte tussen de zakken, onvoldoende uitvlakken van de ondergrond voor aanleg van de constructie of het slecht schikken van de BigBag.



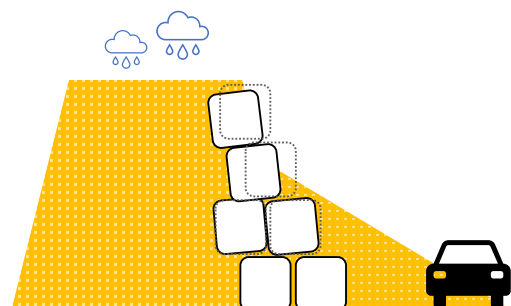
4.2.8. Afschuiven

Falen door afschuiving van een laag BigBags ontstaat wanneer de schuifsterkte tussen de BigBags wordt overschreden. Dit kan worden veroorzaakt door te hoge belastingen achter en boven op de BigBags (te hoge actieve horizontale gronddruk in de aanvulling). Het falen door middel van afschuiven betekent ook dat de onderlinge wrijving zo klein is dat ze vrij gemakkelijk langs elkaar kunnen bewegen.



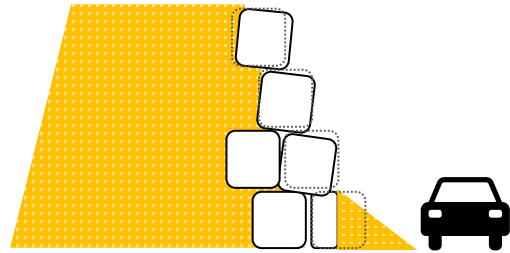
4.2.9. Uitspoeling

Uitspoeling gebeurt wanneer de tussenruimte tussen twee BigBags niet zanddicht is en dus water en zand doorlaat. Dit kan tot gevolg hebben dat het terrein aan de benedenkant van de BigBag constructie onder het zand komt te liggen.



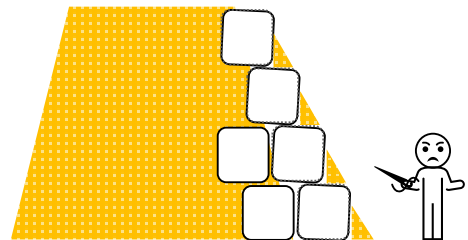
4.2.10. Aanrijding (langsschaven)

Op het moment dat een auto tegen de BigBag constructie botst of schaapt ontstaan scheuren in de onderste of tweede rij van de constructie. Hier spoelt dan zand uit. Door instabiliteit onderin kan een kettingreactie ontstaan in bovengelegen lagen.



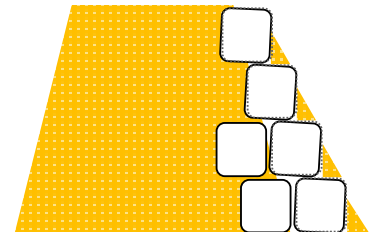
4.2.11. Vandalisme

Vandalisme is eigenlijk niet tegen te gaan en als men kwaadwillend is kan met een aardappelschilmesje al relatief veel schade toegebracht worden. Het gevolg van vandalisme is voornamelijk het uitspoelen van het zand. Door instabiliteit onderin kan een kettingreactie ontstaan in bovengelegen lagen.



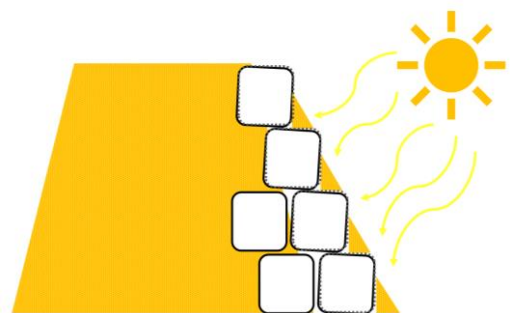
4.2.12. Slechte kwaliteit BigBags

De kwaliteit van BigBags wordt bepaald door het aantal g/m². Het gewicht van het geotextiel in g/m² is een maat voor de kwaliteit van de BigBag. Wanneer mindere kwaliteit wordt genomen neemt de kans op scheuren toe.



4.2.13. Zonlicht

Wanneer BigBags langer dan 6 maanden buiten staan en direct zonlicht op het doek ontvangen bestaat de kans dat BigBags gaan scheuren omdat het doek bros en poreus wordt. Dit kan voorkomen worden door een zonlicht werend doek aan te brengen over de wand. BigBags die zich aan de achterzijde in de aanvulling bevinden ondervinden geen aantasting door UV-straling, tenzij de losse BigBag langdurig afgeschermd in het veld heeft gestaan. Dit faalmechanisme speelt dus vooral aan de zonzijde van een tijdelijke BigBag constructie.



5. Ontwerpproces

Het ontwerpproces van BigBag constructies vereist een analyse van de omgeving en de technische eigenschappen. Deze procedure moet duurzaam en kosteneffectief zijn. Helaas blijkt de praktijk anders, het ontwerpen van BigBag constructies is iets wat niet veel aandacht krijgt door zijn tijdelijke aard. Dit is nog bijna altijd goed gegaan, neemt niet weg dat de BigBag constructie grote gevaarlijke en instabiele constructies kunnen zijn. Die bij falen grote gevolgen kunnen meebrengen. Het is dan belangrijk om aandacht te geven aan het ontwerp. Allereerst omvat het ontwerpproces een gedetailleerde beoordeling. Geotechnici analyseren de bodemgesteldheid en andere omgevingsfactoren om inzicht te krijgen van de locatie. Op basis van deze analyse worden vervolgens belastingen bepaald waaraan de BigBag constructie zal worden blootgesteld. BigBag constructies zijn een gebleken betrouwbare en kosteneffectieve oplossing.

5.1. Macrostabiliteit

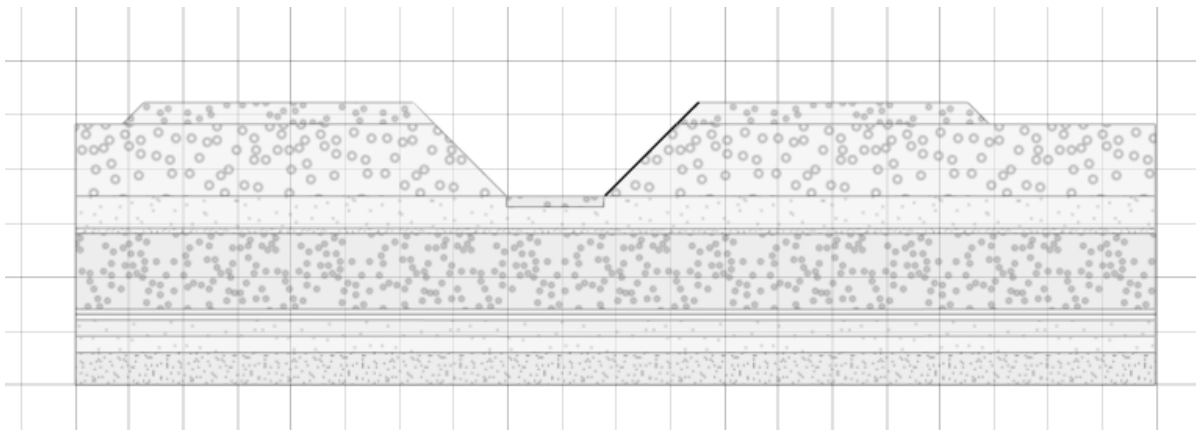
Bij een BigBag constructie in de infrastructuur zijn verschillende aspecten van macrostabiliteit van belang om te overwegen. Het evenwicht in de belastingen en drukverdeling over de gehele BigBag constructie is een onderdeel van macrostabiliteit. Dit omvat het voorkomen van verschuivingen, kantelingen of het instorten van de hele constructie. Geotechnici moeten ervoor zorgen dat de BigBag wand op een stabiele manier is berekend en voldoende draagkracht heeft tegen belastingen zoals waterdruk, gronddruk en andere omgevingsfactoren. Uitvoerders stapelen de BigBags op een halfsteense manier zodat er samenhang ontstaat in de lagen. Beoordeling van de belastingen die op de constructie worden uitgeoefend zijn belangrijk om ervoor te zorgen dat de belasting gelijkmatig wordt verdeeld en dat stabiliteitsproblemen worden voorkomen. Inspecties moeten ervoor zorgen dat problemen tijdig worden gevonden en aangepakt.

5.2. Toetsen macrostabiliteit

De macrostabiliteit kan worden getoetst met behulp van computerprogramma D-Stability. D-Stability is ontwikkeld als ontwerp en controle op stabiliteit van ophogingen op slecht draagkrachtige bodemlagen. Het bevat een aantal specifieke opties voor het ontwerpen van rivierdijken en andere ophogingen (Deltares, sd). D-Geostability kan nog preciezer werken. Het kan geotextielen aanbrengen in geometrie, hierbij kan de treksterkte van het polypropyleen doek worden meegenomen en de inklemmingslengte kan op 0 worden gezet, zoals dat bij een BigBag het geval is. Voor de toetsing van BigBag constructies wordt met de Bishopmethode gewerkt. Het maken van het model zou kunnen worden gedaan op drie verschillende manieren.

5.2.1. Manier 1: De BigBags als één forbidden-lijn modelleren.

Op deze manier wordt de BigBag constructie geschematiseerd als talud. Dit is een versimpelde schematisering waarbij aspecten zoals de sterkte/kwaliteit van de BigBag en grondspanningen op de BigBag buiten beschouwing worden gelaten. Dit geeft een beeld van de macrostabiliteit in het talud.



Figuur 5-1: Manier 1

5.2.2. Manier 2: De BigBags modelleren als een trap van forbidden lines met Geotextielen.

Om de BigBag beter te simuleren kan er aan de onderkant een geotextiel worden toegevoegd in het programma, zo wordt de zak ook meegenomen. Deze manier is een nauwkeurigere manier van toetsen en wordt als volgt gedaan:

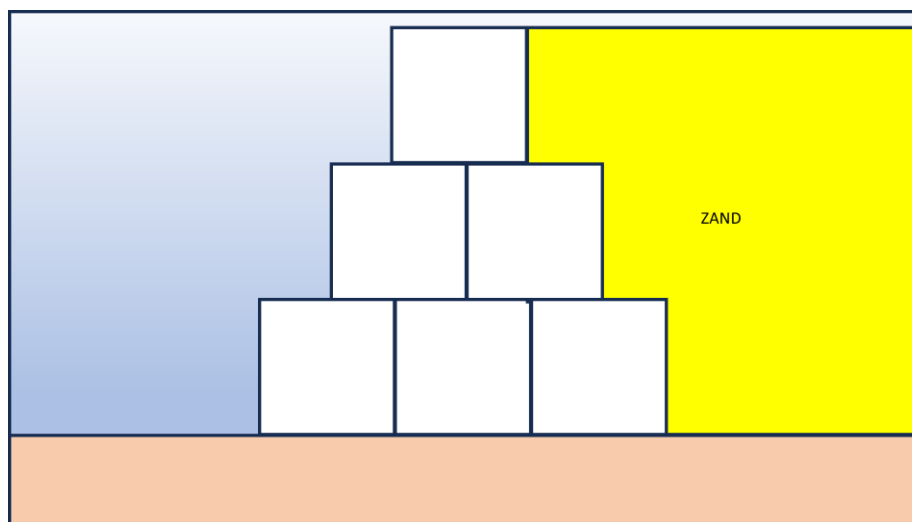
- Stap 1: Maak een stabiliteitsberekening in D-Stability en voer de BigBags in als 3 lijnen, zodat deze later omgezet kan worden naar een forbidden line aan de voorzijde en een geotextiel aan de onderzijde. De achterzijde doet er doorgaans niet toe in een stabiliteitsberekening.

- Stap 2: Kijk waar de maatgevende afschuifcirkel doorheen gaat. Voor de BigBags waar de afschuifcirkel doorheen snijdt wordt de onderkant door een geotextiel vervangen met de representatieve treksterkte of rekenwaarde voor de treksterkte (te bepalen uit de specificaties van de leverancier, rekening houdend met de NEN 9997-1).
- Stap 3: Bereken opnieuw. De BigBags waar de afschuifcirkel nu niet meer door heen gaat kunnen (als het maximaal aantal geotextielen is bereikt) vervangen worden door forbidden lines.
- Herhaal stap 3

Blijft een probleem optreden doordat de afschuifcirkels door een BigBag blijven snijden, dan moet gekeken worden of met een sterkere BigBag de stabiliteit bereikt kan worden die nodig is. Als dit ook niet lukt moet gekeken worden of een geotextiel over een bepaalde breedte van de ophoging de stabiliteit verder kan verhogen. Als laatste redmiddel (maar dat kost wel extra ruimte) kan geprobeerd worden een tussenberm toe te passen. (dhr. ir. P. van Boven, persoonlijke communicatie, 7-11-2023)

5.2.3. Manier 3: Gewichtsmuur

Als een gewichtsmuur van toepassing is kan deze in D-Stability worden ingevoerd als een centrische lijn. De gewichtsmuur kan ook analytisch worden berekend aan de hand van de berekening voor een L-wand.



Figuur 5-3, Gewichtsmuur, (als L-wand)

5.3. Instabiliteit op mesoniveau

Instabiliteit op mesoniveau betreft elementen van een BigBag constructie, zoals de zak en het zand. De mesostabiliteit wordt bijna nooit berekend. Dit komt omdat het in de praktijk grotendeels goed gaat. Binnen dit onderzoek is wel een berekening gedaan aan de hand van de huidige rekenregels die gelden voor een fundering op staal geplaatste L-wand. Bij deze berekeningen wordt het kantelen en het afschuiven beschouwd. De toetsen op pons en op grondweerstand worden buiten beschouwing gelaten. Dit is omdat het in veel gevallen met een BigBag constructie juist de bedoeling is om de ondergrond te laten zakken. Soms is alleen het keren van grond de vereiste.

5.3.1. Uitgangspunten en partiële factoren

Berekeningen die zijn uitgevoerd om instabiliteit van mesoniveau te toetsen voor het onderzoek zijn de volgende grondgegevens en factoren meegenomen:

Afmetingen BigBag

In deze berekening is uitgegaan van een BigBag van 1 m³ met een hoogte van 1,1 m. Deze afmetingen zijn gebaseerd op de meest voorkomende afmetingen van verkopers.

Ondergrond

De ondergrond speelt een belangrijke rol tegen het afschuiven van de onderste BigBags. Omdat in deze berekening voorbelasting wordt beschouwd, wordt gekozen voor een slappere ondergrond. De volgende grondgegevens zijn toegepast op de ondergrond bij de berekening:

Tabel 5-1: Grondgegevens-ondergrond (Reader Geotechniek voor het HBO, 2014)

Grondsoort	Soortelijk gewicht	Inwendige hoek van wrijving	Cohesie
Klei (zwak zandig - matig)	18 kN/m ³	22,5°	5 kN/m ²

Aanvulling

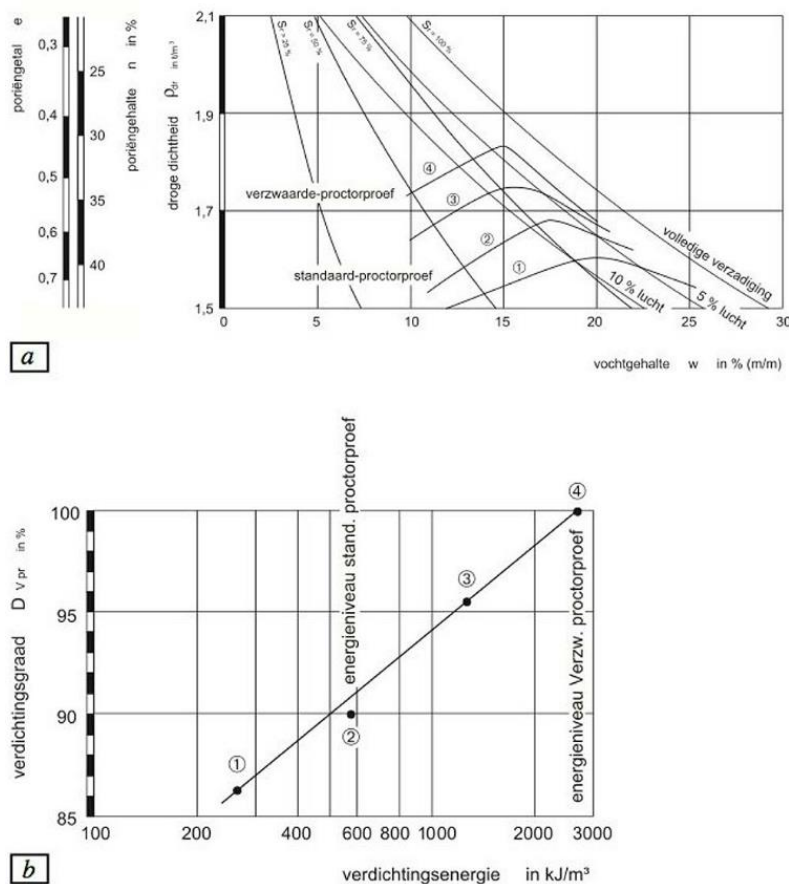
De aanvulling bestaat voornamelijk uit zand, dit zand wordt per laag van 0,3 m. verdicht. Daarom zijn de volgende grondeigenschappen aangenomen:

Tabel 5-2: Grondgegevens-aanvulling (Reader Geotechniek voor het HBO, 2014)

Grondsoort	Soortelijk gewicht	Inwendige hoek van wrijving	Cohesie
Zand	18 kN/m ³	30°	0 kN/m ²

Zand in de BigBag

Om het gewicht te bepalen van de BigBags is het soortelijk gewicht van het zand binnen de BigBags van belang. Volgens dhr. ir. P. van Boven van Wiertsema & Partners heeft het zand binnen een BigBag een lager soortelijk gewicht dan het zand in de aanvulling. Dit komt doordat het zand binnen de BigBag niet goed verdicht kan worden (P. van Boven, persoonlijke communicatie, 7-11-2023). Dit argument is te ondersteunen met Figuur 5-4 uit het handboek zandboek:



Figuur 5-4: Vier proctorcurven van een grondsoort verdicht op verschillende energieniveaus, alsmede het verband tussen de bereikte verdichtingsgraden. (CROW, 2004)

In de bovenste tabel is te zien hoe de verdichtingsgraad zich verhoudt tegenover de dichtheid. Het zand in een BigBag zal tussen de 1^e en de 2^e lijn zitten en dat is ongeveer 16 kJ/m^3 .

Partiële factoren

Voor veiligheidsredenen worden er partiële factoren over de belastingen en het eigengewicht gebruikt. Een BigBag constructie valt onder de veiligheidsklasse RC1. (Geïnterviewden, 2023) De waardes van de factoren binnen deze klasse zijn echter bedoeld voor constructies met een levensduur van ongeveer 15-25 jaar, terwijl BigBag constructies tijdelijk zijn. Daarom zijn de volgende materiaalfactoren aangenomen:

OPMERKING

Eenvoudige constructies, waarbij geen persoonlijke veiligheidsrisico's bij falen aanwezig zijn en de kans op schade bij falen relatief gering is, bijvoorbeeld een beschoeiing met een maximale kerende hoogte van 2 m, mogen zijn ingedeeld in een lagere veiligheidsklasse dan RC1. Uitgaande van een betrouwbaarheidsindex $\beta = 2,5$ bedraagt de partiële factor voor de effectieve cohesie 1,0 en voor de hoek van inwendige wrijving 1,05.

Figuur 5-5: Opmerking tabel A.4a NEN 1997-1

Deze waardes zijn mogelijk nog te streng, maar geven een betere benadering. Dit is als de gevolgen van falen beperkt zijn. Mocht falen grotere gevolgen hebben: denk bijvoorbeeld aan een BigBag constructie langs een snelweg. In dat geval kan er overwogen worden om toch voor RC1 of zelfs RC2 te kiezen.

De belastingfactoren zijn met behulp van de volgende tabel bepaald:

(a) Belastingen, die door de grond worden uitgeoefend op in de geotechnische constructie aanwezige constructieve elementen die zijn samengesteld uit andere materialen dan grond, de zogenoemde gronddrukken op constructieve elementen, moeten zijn bepaald door een grondmechanische berekening met de karakteristieke waarden van de grondeigenschappen. Op de berekende gronddruk moet de partiële factor volgens tabel A.3 kolom A1 zijn toegepast.

OPMERKING

Hier is sprake van een geotechnische belasting op een geotechnische constructie zijnde een fundering. Voorbeelden: gronddruk op kelder- en tunnelwand. Deze constructies zijn in NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011 ingedeeld in groep B.

(b) Bij de bepaling van de horizontale gronddruk op grondkerende constructies moeten voor de grondeigenschappen en de geometrie de rekenwaarden zijn gebruikt. Op de berekende gronddruk moet de belastingfactor volgens tabel A.3 kolom A2 (damwand) voor de belastingen zijn toegepast. Voor verticale belastingen op de grondkerende constructie en bepaling van de verticale draagkracht van de constructie gelden de belastingfactoren volgens tabel A.3 kolom A1.

Tabel A.3 - Partiële factoren voor belastingen (γ_F) of belastingseffecten (γ_E)

Belasting		Symbool	Combinatie		
			A1	A2	
				Overig	Damwand
Permanent	Ongunstig	γ_G	1,35 ^{a b c}	1,0	1,0
	Gunstig		0,9	1,0	1,0
Veranderlijk	Ongunstig	γ_Q	1,5 ^b	1,3 ^b	1,1 ^b
	Gunstig		0	0	0

Figuur 5-6: Tabel A.3 belasting factoren + uitleg (bron: NEN 1997-1)

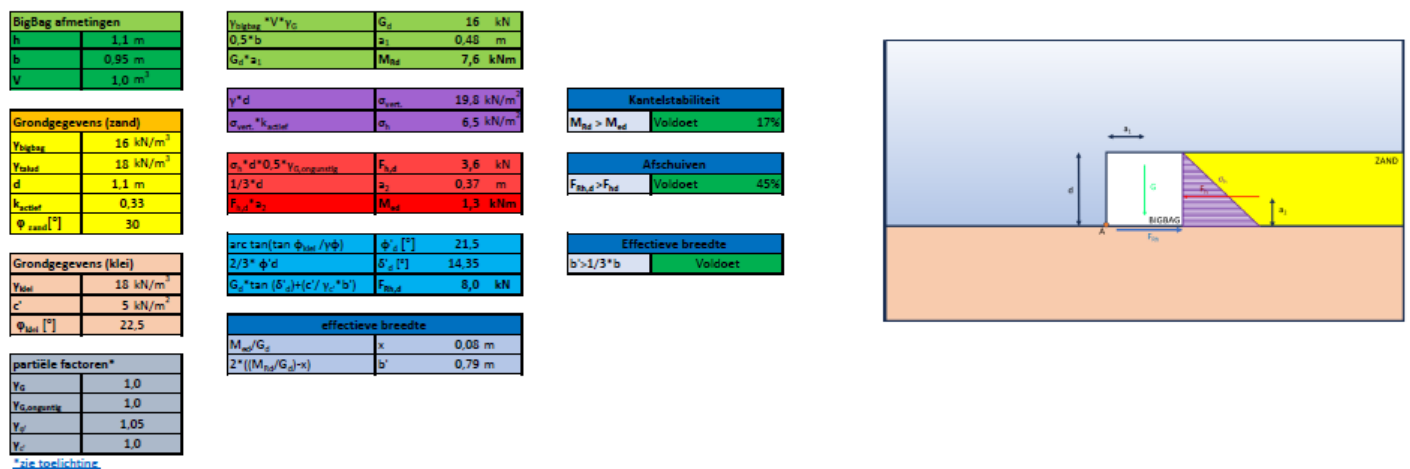
5.3.2. De Berekening

De berekeningen voor de instabiliteit op mesoniveau zijn uitgevoerd in Microsoft Excel. De BigBags in deze berekening worden getoetst op kantelstabiliteit, horizontale afschuiving en de effectieve breedte. De effectieve breedte toetsen is onderdeel van de toets op kantelstabiliteit, als de effectieve breedte niet voldoet kan de BigBag ook gaan kantelen. Deze toetsen zijn uitgevoerd van één tot drie BigBags op vijf verschillende manieren opgebouwd.



Figuur 5-7: de vijf berekeningen

Zie hieronder één van de vijf berekeningen. Voor de overige berekeningen zie bijlage B2



Figuur 5-8: berekening 1 BigBag

5.3.3. Conclusie

Uit berekeningen blijkt dat de andere vier varianten ook voldoen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de instabiliteit op mesoniveau vaak in theorie ook goed gaat. Bij een hoge of geconcentreerde belasting op de aanvulling of waar een hogere veiligheidsklasse van toepassing is, verdient de instabiliteit op mesoniveau extra aandacht.

6. Eigenschappen van de BigBag

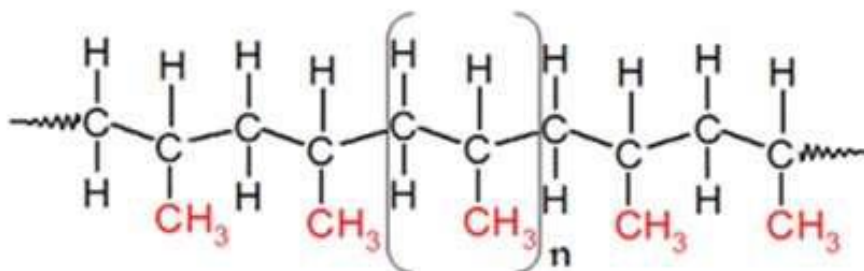
In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de eigenschappen zijn van de BigBag. Deze eigenschappen kunnen een bijdrage leveren aan het voorkomen van een aantal faalmogelijkheden. Daarnaast is het ook goed om te weten met wat voor materiaal wordt gebouwd, dit zorgt voor dat mensen bewuster worden van de risico's. Een BigBag of FIBC (flexible intermediate bulk containers) is volgens de EN ISO21898 gedefinieerd als een container voor bulkgoederen waarvan de romp is vervaardigd van flexibel materiaal zoals weefsel, kunststoffolie of papier, zo ontworpen dat het rechtstreeks of via een binnenzak in aanraking komt met de inhoud, en leeg opvouwbaar is. (Nederlandse Normalisatie-instituut, 2005)



Figuur 6-1: korrels Polypropyleen, (Safeflex, 2021)

6.1. Polypropyleen

Het meest gebruikelijke materiaal dat voor een BigBag wordt gebruikt is polypropyleen. Polypropyleen (PP) is een chemische verbinding die als plastic is geclassificeerd. Het behoort tot de groep van polyolefinen en wordt verkregen in het proces van propeenpolymerisatie. Vanwege hun buitengewone duurzaamheid en hardheid worden polypropyleenproducten in veel sectoren en industrieën gebruikt (PCC-groep, 2021). Polypropyleen is een taai, stijf en kristallijn thermoplastische kunststof en wordt gemaakt van propeen-monomeren (zie Figuur 6-2). Deze lineaire koolwaterstofhars is het lichtste polymeer van alle standaard kunststoffen. (Safeflex, 2021)



Figuur 6-2: Moleculaire structuur PP (Safeflex, 2021)

6.1.1. Eigenschappen polypropyleen

PP kan op diverse manieren worden geproduceerd waardoor de eigenschappen naar wens kunnen worden aangepast, zo heb je PP als homopolymeren en co-polymeren. Daarom wordt PP voor veel toepassingen gebruikt, het zit bijvoorbeeld in plasticflessen, luiers en meubels. Zo heeft PP de volgende eigenschappen: (Safeflex, 2021)

Smeltpunt

Het smeltpunt heeft een bepaald bereik:

- Homomeren: 160-165 °C
- Co polymeren: 135-259 °C

Dichtheid

Doordat PP het lichtste polymeer is, kan het voor gewicht besparende producten worden gebruikt.

- Homomeren: 0,904 – 0,908 g/cm³
- Random co polymeren: 0,904 – 0,908 g/cm³
- Impact co polymeren: 0,898 – 0,900 g/cm³

Chemische bestendigheid

- Zeer goede weerstand tegen geconcentreerde zuren, alcoholen en basen.
- Goede weerstand tegen aldehyde, esters, alifatische koolwaterstoffen en ketonen.
- Beperkte weerstand tegen aromatische en gehalogeneerde koolwaterstoffen en oxidatiemiddelen

Omgeving

Daarnaast is PP waterafstotend, erg gevoelig voor bacteriën en schimmels en slecht bestendig tegen UV-straling. Daarnaast is PP licht ontvlambaar.

6.1.2. H030SG

BigBags worden gemaakt van een homopolymeer genaamd H030SG. Deze klasse van homopolymeer wordt veel gebruikt voor geotextiel en in de verpakkingindustrie. Dit komt omdat H030SG zeer goed bewerkbaar is en goede mechanische eigenschappen heeft. H030SG heeft de volgende kenmerken:

Typical Characteristics			
Property	Test method	Unit	Typical Value*
Melt Flow Rate (230°C / 2.16 kg)	ASTM D1238	g/10 min	3.4
Tensile Strength at Yield (50 mm/min)	ASTM D638	MPa	34
Elongation at Yield (50 mm/min)	ASTM D638	%	10
Flexural Modulus (1 % secant)	ASTM D790A	MPa	1650
Notched Izod Impact Strength (23°C)	ASTM D256	J/m	40
Heat Deflection Temperature (455 kPa)	ASTM D648	°C	104

Figuur 6-3: Eigenschappen H030SG (Safeflex, 2021)

6.2. Mechanische eigenschappen

Het doek heeft bepaalde mechanische eigenschappen. Deze zijn binnen dit onderzoek verkregen door de producent van de BigBags (Safeflex) en de uitkomsten van diverse tests die zijn uitgevoerd tijdens dit onderzoek. Het doek van de BigBag wordt geclassificeerd in doek gewicht in g/mm². Hoe groter het doekgewicht, hoe sterker de BigBag zal moeten zijn. In de onderstaande tabel zijn de eigenschappen weergegeven zoals verkregen van de producent:

Tabel 6-1: BigBag treksterkte (Safeflex, 2021)

GSM	ACTUAL GSM	WARP (DENIER)	WEFT (DENIER)	TAPE STRENGTH IN GPD		WARP STR KGF	WEFT STR KGF	MESH		TAPE WIDTH (MM)	
				WARP	WEFT			WARP	WEFT	WARP	WEFT
60	57	700	700	6	6	67	67	9	9	2.8	2.8
80	77	950	950	6	6	90	90	9	9	2.8	2.8
100	101	1150	1150	6	6	121	121	10	10	2.54	2.54
120	117	1300	1300	6	6	137	137	10	10	2.54	2.54
140	139	1400	1400	6	6	163	163	11	11	2.30	2.3
160	159	1600	1600	6	6	186	186	11	11	2.30	3.8
160	169	1700	1700	6	6	197	197	11	11	2.30	3.8
180	178	1800	1800	6	6	209	209	11	11	2.30	3.8
190	188	1900	1900	6	6	221	221	11	11	2.30	3.8
200	198	2000	2000	6	6	232	232	11	11	2.30	3.8
220	218	2200	2200	6	6	256	256	11	11	2.30	3.8
240	238	2400	2400	6	6	279	279	11	11	2.30	3.8
215	213	2100	2100	6	6	244	266	11	12	1.78	1.78
130	130	1275	1275	6	6	148	162	11	12	1.78	1.78

In Tabel 6-2 zijn de waardes omgerekend van KGF naar kN/m.

Tabel 6-2: Omgerekende waardes sterkte naar kN/m

	WARP WEFT				TAPE	WIDTH	warp	weft	WARP	WEFT
	STR	STR	MESH		(MM)		totaal	totaal	STR	STR
GSM	KGF	KGF	WARP	WEFT	WARP	WEFT	mm	mm	kN/m	kN/m
60	67	67	9	9	2,8	2,8	25,2	25,2	13,0	13,0
80	90	90	9	9	2,8	2,8	25,2	25,2	17,5	17,5
100	121	121	10	10	2,54	2,54	25,4	25,4	23,4	23,4
120	137	137	10	10	2,54	2,54	25,4	25,4	26,5	26,5
140	163	163	11	11	2,3	2,3	25,3	25,3	31,6	31,6
160	186	186	11	11	2,3	3,8	25,3	41,8	36,1	21,8
160	197	197	11	11	2,3	3,8	25,3	41,8	38,2	23,1
180	209	209	11	11	2,3	3,8	25,3	41,8	40,5	24,5
190	221	221	11	11	2,3	3,8	25,3	41,8	42,8	25,9
200	232	232	11	11	2,3	3,8	25,3	41,8	45,0	27,2
220	256	256	11	11	2,3	3,8	25,3	41,8	49,6	30,0
240	279	279	11	11	2,3	3,8	25,3	41,8	54,1	32,7
215	244	266	11	12	1,78	1,78	19,58	21,36	61,1	61,1
130	148	162	11	12	1,78	1,78	19,58	21,36	37,1	37,2

De BigBag met een massa van 180 GSM⁶ is volgens de verkoper (BigBagstore.nl) het meest gebruikelijke doek. Voor een sterkere en veiligere variant adviseert de verkoper toch om vaker voor de 240 GSM (de zogenaamde Heavy Duty BigBag) te kiezen. Deze zijn naast sterker ook meerdere malen te gebruiken. "Heavy Duty" BigBags hebben namelijk ook de code 6:1 (multiple use) en de "standaard" BigBag 5:1 (single use).

⁶ GSM= Grams per Square Meter (g/m²)

6.3. Proeven

In het licht van dit onderzoek zijn er een zestal proeven uitgevoerd om de betrouwbaarheid van de informatie van Tabel 6-1 te toetsen. Deze proeven zijn uitgevoerd in overeenstemming met de werkwijze beschreven in de bijbehorende ISO-normen. Zie onderstaande Tabel 6-3 tot en met Tabel 6-6 voor de meetresultaten. Alvorens de test waren de richtingen (ketting/warp of inslag/weft) van het weefproces nog niet bekend. Daarom is er gekozen om onderscheid te maken tussen de twee richtingen door XD (ketting) en MD (inslag).

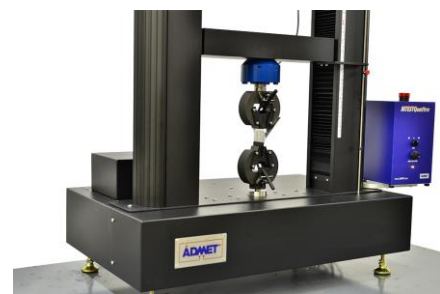
6.3.1. Soorten proeven

De volgende proeven waren voor dit onderzoek ter beschikking gesteld:

Wide width tensile strength test (trekproef)

Tijdens deze test wordt de treksterkte van het materiaal getoetst. Dit wordt gedaan door een aantal proefstukken op te zetten van het materiaal en deze te bevestigen in de trekbank. Hier wordt vervolgens aan getrokken, ondertussen worden de krachten en vervormingen gemeten door middel van een computer. Dit geeft een uitdraai waarbij de resultaten kunnen worden afgelezen.

Het doel van deze proef is dan ook om de treksterkte van een BigBag te bepalen. Deze test is uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 10319



Figuur 6-4: Voorbeeld trekbank (Admet, sd)

Wide width tensile seam strength test (trekproef)

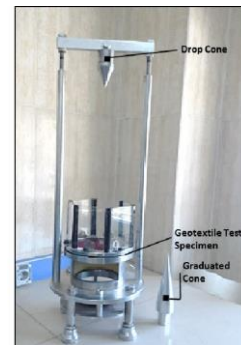
Tijdens deze proef werd de treksterkte van de naden getoetst. Dit zal op dezelfde wijze gebeuren als de Wide width tensile strength test, alleen is het bij deze proef van belang dat tussen de twee uiteinden van het proef stuk een naad zit. Het doel van deze proef was om de sterkte van de naden van een BigBag te bepalen. Deze test is uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 10321.

CBR test

Met de CBR test wordt de kracht die nodig is om het materiaal te penetreren getoetst. Dit wordt gedaan door een proefstuk van het materiaal in een CBR test opstelling te plaatsen en geleidelijk druk op het doek uit te oefenen. Het doel van deze proef is om de druksterkte van het doek te bepalen. Dit zal een soortgelijk effect hebben wanneer een grote hoeveelheid zand van binnenuit het doek naar buiten drukt. Deze test is uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 12236.

Cone-drop

Met de cone-drop kan worden getoetst wat de weerstand van het doek is tegen penetratie. Dit wordt gedaan door een ijzeren kegel te laten vallen op het doek en te meten hoeveel diameter het gat is. Het doel van deze proef is om te kijken hoe goed BigBags resistent zijn tegen penetratie van scherpe en puntige objecten op de bouwplaats, zoals een vallende of drukkende steen met scherpe punten. Deze test is uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 13433.



Figuur 6-5: voorbeeld cone-drop opstelling (Ahmadi, 2017)

Gewicht en dikte meeting

Door middel van een weegschaal en meet apparatuur zoals een schuifmaat kunnen de dikte en het gewicht van de BigBags worden bepaald. Het doel hiervan is om de specificaties van de leverancier te toetsen.

6.3.2. Resultaten

Tijdens het wegen en de dikte meting zijn stukken van 25 • 40 cm gebruikt die ook gebruikt zijn voor de trekproeven. Doordat de proefstukken precies 100 cm² is kon het gewicht in g/m² worden berekend. Voor de cone-drop test en de CBR proef zijn proefstukken gebruikt van 20 • 30 cm, deze werden vervolgens in de daarvoor bestemde apparaten geplaatst. De afmetingen van de proefstukken zijn allemaal volgens de ISO-normen. In Tabel 6-3 tot en met Tabel 6-6 zijn de resultaten weergegeven van de proeven.

Tabel 6-3: Resultaten proeven

DIKTE, GEWICHT, CONE-DROP & CBR test						
Proefstuk	massa leverancier [kg/m ²]	Gemeten massa [kg/m ²]	Aantal steken in naad per 10 cm	Dikte [mm]	Cone-drop test gat diameter [mm]	CBR proef [kN]
1	180	174	10	0,5	11	4,06
2	180	177	10	0,5	12	3,80
3	240	260	11	0,6	11	5,68
4	240	249	11	0,6	8	5,66

Tabel 6-4: Resultaten trekproeven

Trekproeven						
	Richting	Gewicht	proefstuk	Maximale trekspanning [kN/m]	Maximale rek (ε) [%]	Bezweken op
Doek	XD	180	1	36,36	13,8	N.V.T.
			2	36,87	14,5	
	MD	180	1	31,47	14,8	
			2	31,45	13,5	
	XD	240	1	49,93	12	
			2	50,93	11,4	
	MD	240	1	49,54	12,3	
			2	47,21	9,6	

Uit de testresultaten weergegeven uit Tabel 6-3 en Tabel 6-4 zijn de volgende gemiddelde genomen:

Tabel 6-5: Gemiddelde waarden trekproeven

Massaleverancier [g/m²]	Onderdeel	Richting	Maximale trekspanning gem. [kN/m]	Maximale rek ε gem. [%]
180	Doek	XD	36,6	14,2
	Doek	MD	31,5	14,2
	Naad	XD	16,0	42,8
	Naad	MD	13,6	44,5
240	Doek	XD	50,4	11,7
	Doek	MD	48,4	11,0
	Naad	XD	31,0	33,4
	Naad	MD	28,2	31,3

Tabel 6-6: Gemiddelde waarden overige proeven

Massaleverancier [g/m²]	Aantal steken in naad per 10 cm	Gemeten massa gem. [g/m²]	Dikte gemeten gem. [mm]	Conedrop test gat diameter gem. [mm]	CBR proef (drukkracht) gem. [kN]
180	10	175,5	0,5	11,5	3,9
240	11	254,5	0,6	9,5	5,7

Volgens de ISO-normen moet het materiaal minstens vijf keer getest worden, dit was door tijdgebrek niet mogelijk. Hierdoor kunnen de meetresultaten niet volledig betrouwbaar worden beschouwd. Wel waarneembaar is dat de doeken in de inslag richting (weft of MD) in werkelijkheid sterker zijn, en in ketting richting (warp of XD) de waardes lager uitkomen.

Alvorens de proeven is aan Solmax (producent geotextiel) gevraagd met welke soort geotextiel het BigBag doek te vergelijken is. Solmax gaf aan dat dit waarschijnlijk PP15⁷ zou zijn, maar de waardes in Tabel 6-5 duiden aan dat in werkelijkheid een BigBag vergeleken kan worden met een geotextiel dat dicht bij de PP40 zit.

6.4. Hijslussen

Naast massa heeft elke BigBag ook een maximaal draaggewicht zo kan bijvoorbeeld een doek van 180 g/mm² een maximaal draaggewicht hebben van 1500 kg. Dit is gebaseerd op testen die worden uitgevoerd volgens de ISO21898. Bij deze testen worden de hijslussen getest door middel van een cyclic top lift (zie Figuur 6-7) en een compressie test. De uitkomsten van deze test liggen in de werkelijkheid hoger, in geval van veiligheid wordt de BigBag verkocht met een lager maximaal draagvermogen.

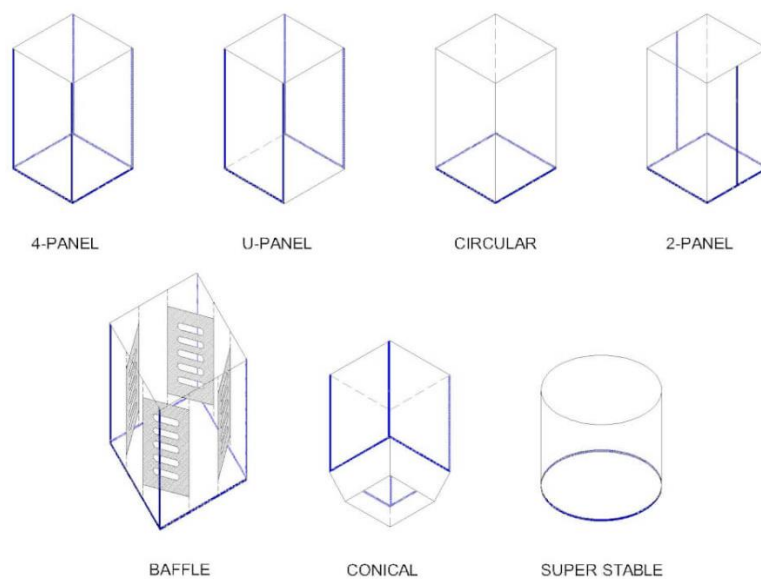


Figuur 6-7: Cyclic top lift test (Testform, Turkije, 2023)

⁷ PP15 en PP40 zijn treksterktes van het geotextiel. Geotextiel wordt bij aankoop onderverdeeld in materiaal en treksterkte.

6.5. De naad

De in tijdelijke BigBag constructies toegepaste zakken zijn van het type U-panel (U-body). De verschillende geotextiel delen zijn samengesteld door middel van een vlindernaad (Butterfly seam). Uit testen blijkt dat de naad van invloed is op de sterkte van het textiel. Deze geeft conform CUR 174 §2.7.6 – Tabel 4, een reductie van tenminste 30% op de sterkte van het materiaal in de weefrichting (inslag, weft direction, XD) (Rijkswaterstaat en NGO, 2009).



Figuur 6-8: Verschillende soorten opbouw FIBC's. (Safeflex, 2021)

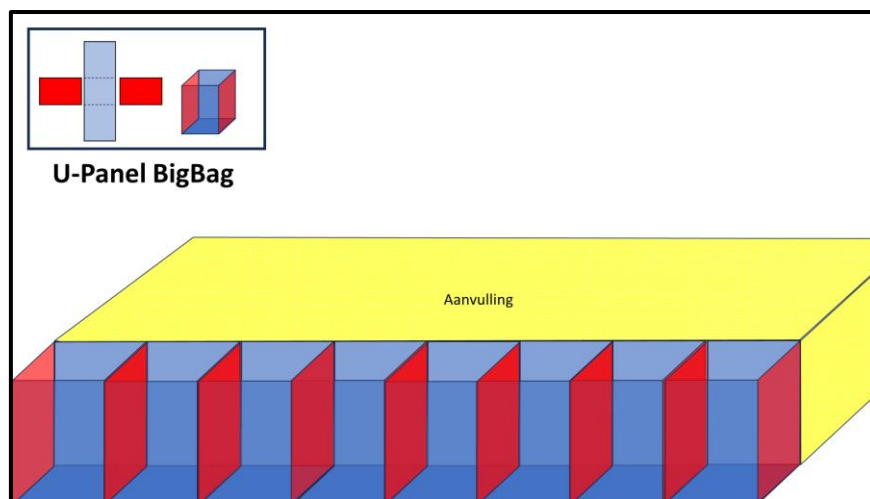
Richting

De sterke richting zit haaks op de naad zodat het verlies bij trekkrachten op de naad meer gecompenseerd wordt. In Tabel 6-5 staat $XD = 36 \text{ kN/m}$ en $MD = 31 \text{ kN/m}$. Als een naad in de sterke wordt getrokken houdt die van XD meer over dan bij MD.



Figuur 6-9: Sterke richtingen doek.

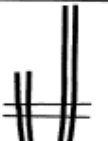
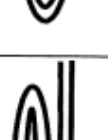
Zoals in Figuur 6-10 hieronder te zien is worden er 3 losse stukken doek gebruikt en zo worden deze in elkaar genaaid. Op deze manier heb je 2 vlakken die uit het geheel gedrukt kunnen worden. In hoofdstuk 7.9. staat beschreven hoe de BigBags het best gepositioneerd kunnen worden.



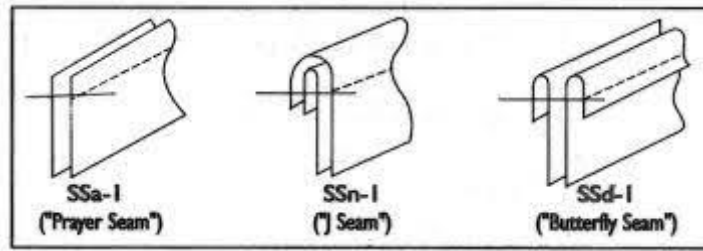
Figuur 6-10: Opbouw doek

BigBags hebben verschillende soorten stikpatronen om de functionaliteit en esthetiek van de zakken te verbeteren. Een van de cruciale stappen in de productie van BigBags is het naai- of stikproces, het stikproces kan de kwaliteit en sterkte van de vezel beïnvloeden. Verschillende stikpatronen kunnen worden gebruikt, afhankelijk van de specifieke vereisten van de toepassing. (Safeflex, 2021)

Tabel 4 Meest gebruikte typen naden [6].

Naainaad	Omschrijving	Sterkte naainaad op zelfkant ¹⁾
	Platte of stuiknaad (Prayer seam)	30 – 50% van sterkte doek
	Vlindernaad (Butterfly seam)	40 – 70% van sterkte doek
	J-naad (J-seam)	30 – 60% van sterkte doek
	Dubbele J-naad (Double J-seam)	50 – 70% van sterkte doek
	Overlap Z-naad ²⁾ (Z-seam)	> 70 % van sterkte doek

Figuur 6-11: Opbouw naainaden, Tabel 4 uit de CUR174.
(Rijkswaterstaat en NGO, 2009)



Figuur 6-12: Vlindernaad, de naad van de geteste BigBags.
(Espgeosynthetics, 2023)

De BigBag zijn genaaid met een vlindernaad (butterfly seam). Deze geeft conform CUR 174 (§2.7.6, tabel 4) een reductie van tenminste 30-60% op de sterkte van het materiaal in de weefrichting (inslag, weft direction, MD) (zie Figuur 6-11). Dit blijkt ook uit de proeven namelijk 13,6 kN/m Tabel 6-5 is een reductie van ongeveer 44% op de treksterkte 24,5 (Tabel 6-2).

Tabel 6-7: Soorten naainaden (Safeflex, 2021)

	Overlock steek +veiligheid Twee lijnen met steken als voorzorgmaatregel.
	Een ketting Een naad in een rechte lijn bestaande uit twee in elkaar overgaande steken zodat deze niet scheuren.
	Dubbele ketting Twee kettingnaden die parallel naast elkaar liggen.
Geen afbeelding beschikbaar	Felt naad Vergelijkbaar met de overlock+ veiligheid

Het stikpatroon en het stikgaren zijn beide zeer specifieke eigenschappen van de sterkte van de BigBag. Bij het stikproces worden sterke draden met een hoge sterktegraad gebruikt die de structurele integriteit van de BigBag garanderen onder zware belasting. In principe worden drie soorten garen gebruikt voor het naaien.

1- PP (polypropyleen)

2-MF (multifiber)

3-PES (polyester) (Jee, 2023)

De volgende eigenschappen heeft het naaidraad:

DENIER-	2000 to 5000
GPD-	5-6
STRENGTH-	If's depend on yarn denier ($GPD \times DENIER / 1000$)
ELONGATION-	18-20%
TYPE-	Flat & Twisted
TWISTING RANGE-	45 to 60 TPM
DIRECTION-	S & Z (Both) (X & M)

De denier van het stikgaren wordt verhoogd op basis van SWL/SF (safe working load/ safety factor) van de Fibc zakken voor:

1000/5:1- 3200D

1500/6:1- 3800D

1750/6:1- 5000D

De bovenstaande gegevens komen van een fabrikant van de BigBags (Safeflex, 2021). De bewering dat de naaidraad een grote sterkte heeft blijkt ook uit de proeven die zijn uitgevoerd. Tijdens de proeven kwam als resultaat naar voren dat in alle proefstukken die zijn getest, het proefstuk scheurt op het doek en niet op de naad. Wel is het zo dat de naainaad invloed heeft op de sterkte van het doek naast de naad. Dat wordt daardoor lager. De stiksels van het garen in de naad zorgt voor spanningsconcentraties en inleiding van scheuren in het geotextiel. Wel is het zo dat de naainaad invloed heeft op de sterkte van het doek naast de naad, dat wordt daardoor lager. De stiksels van het garen in de naad zorgen voor spanningsconcentraties en inleidingen van scheuren in het geotextiel.

6.6. UV-straling

Polypropyleen is gevoelig voor UV-degradatie, wat kan leiden tot verkleuring, verzwakking en brosheid van het materiaal. Verkleuring zal bij witte BigBags beperkt tot niet optreden. Om de invloed van UV-straling te verminderen worden UV-stabilisatoren vaak aan polypropyleen toegevoegd tijdens de productie. Deze stabilisatoren absorberen UV-straling en beschermen de polymeerketens tegen schade. De effectiviteit van UV-stabilisatoren kan na verloop van tijd verminderen. Vooral bij langdurige blootstelling aan intense UV-straling. Voor polypropyleenproducten die buiten worden gebruikt is het belangrijk om te controleren of ze UV-bestendig zijn en om eventueel beschermende maatregelen te nemen, zoals coatings of beschermingsdoeken. Dit om vroegtijdige degradatie te voorkomen. In de praktijk is gebleken dat na 2,5 jaar een BigBag door langdurige blootstelling aan UV-Straling bros en poreus wordt. Langer dan 2,5 jaar is het materiaal onbetrouwbaar geworden en zal in verband met de veiligheid raadzaam zijn de BigBag niet meer voor constructieve doeleinden te gebruiken.

De toelaatbare dosis UV-straling hangt af van de toelaatbare mate van materiaaldegradatie. De toelaatbare mate van degradatie hangt samen met de marge tussen belasting en sterkte. De sterkte is afhankelijk van de dikte van het materiaal en de massa van het geotextiel. De belastinggrens voor PP is circa 20 kJ/kg (zie Figuur 6-13). Een lichte BigBag van 180 g/m² geeft een toelaatbare UV-belasting van 3,6 kJ/m² (namelijk 0,18 * 20 = 3,6). De jaarlijkse hoeveelheid UV-straling uit zonlicht in Nederland bedraagt circa 500 kJ/m² (RIVM, 2018). Dus een BigBag van 180 g/m² kan in theorie maximaal ongeveer 1% van de jaarlijkse UV-straling hebben (namelijk 3,6/500 = 0,7).

In de praktijk is de degradatie van zonlicht minder. Zie voor verdere toelichting Paragraaf 7.2.



Belasting door UV-zonlicht

- Zonlicht: 1000 kWh/m² per jaar zonenergie
- Daarvan: 16 kW/m² UV licht (gemiddeld)
- Belasting grens voor PP is ca. 20 kJ/kg
- Aanname: 1 mm van de oppervlakte wordt aangetast
Dan wordt het materiaal aangetast na:

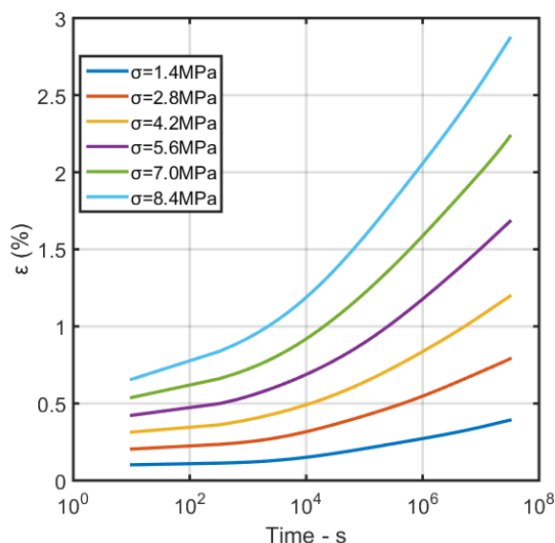
Materiaal	Maximaal toelaatbaar belasting
PP	185 uren
PVDF	60 jaar
PE	35 jaar
PEEK	495 jaar

Figuur 6-13: Toelaatbare UV-straling voor diverse kunststoffen (Gibbesch, 2013)



6.7. Kruip

Kruip is het verschijnsel waarbij in dit geval polypropyleen (PP) onder constante belasting vervormt of vervorming ondergaat na verloop van tijd, ook wanneer de belasting onder de vloeigrens van het materiaal ligt. Polypropyleen vertoont doorgaans kruipgedrag bij hogere temperaturen. Dan kunnen de polymeerketens van polypropyleen gemakkelijker glijden, wat leidt tot vervorming van materiaal. De omgeving waarin PP wordt gebruikt heeft ook invloed op kruip. Hogere belastingen en langere blootstelling aan belasting kunnen de kruipsnelheid vergroten.



Figuur 6-14: Kruip curve voor polypropyleen bij 20° (researchgate.nl, 2021)

In Figuur 6-14 staat de kruipmodulus weergegeven, die de mate van kruipvervorming aangeeft over tijd. Het geeft een indicatie van hoe het materiaal zich gedraagt onder constante belasting.

Rekenvoorbeeld:

2,5 jaar is 78,9 miljoen seconden. Dat is $7,89 \times 10^7$ seconden.

3 maanden is 7,9 miljoen seconden. Dat is $7,9 \times 10^6$ seconden.

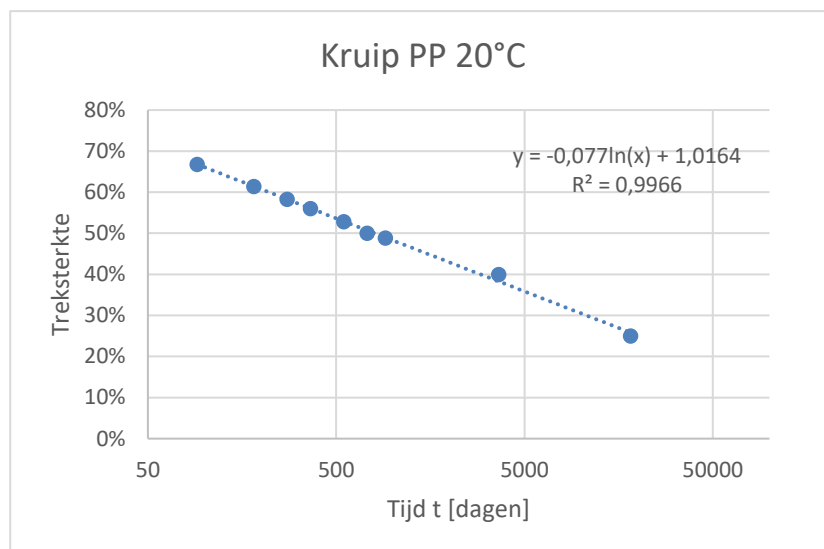
Afhankelijk van de belasting wordt de rek van PP dus met een factor van 4 groter over een periode van 2,5 jaar. Bij 3 maanden is dat een factor van 3.

Materiaal	vanwege kruip toelaatbaar percentage van de trekspanning tot:		
	2 jaar	10 jaar	50 jaar
Polyester	70 %	65 %	50 %
Polypropeen	50 %	40 %	25 %
Polyetheen	50 %	40 %	25 %
polyamide of nylon	60 %	55 %	40 %

Figuur 6-15, Indicatie van de toelaatbare trekspanning als percentage van de oorspronkelijke trekspanning als gevolg van kruip bij 20°C (Rijkswaterstaat en NGO, 2009)

Tabel 6-8 Reductiegetal over tijd van polypropyleen

Kruip			
Tijd	Dagen	Reductie- percentage	Reductie- factor
3 maanden	91,3125	67%	1,50
6 maanden	182,625	61%	1,63
9 maanden	273,9375	58%	1,72
1 jaar	365,25	56%	1,79
1,5 jaar	547,875	53%	1,89
2 jaar	730,5	50%	2,00
2,5 jaar	913,125	49%	2,05
10 jaar	3652,5	40%	2,50
50 jaar	18262,5	25%	4,00



Figuur 6-16, Grafiek van kruip over tijd

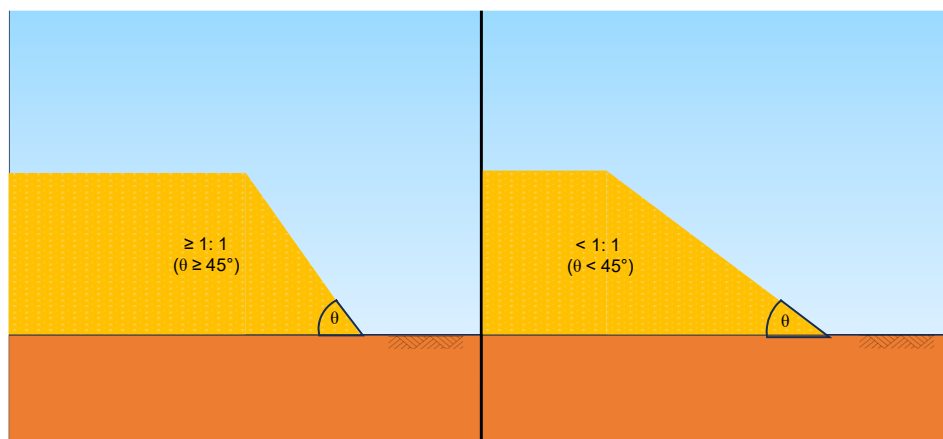
Polypropyleen neemt logaritmisch af in sterkte. Bij het ontwerpen van constructies met PP(BigBags) moet dus rekening worden gehouden met het kruipgedrag, vooral als ze gedurende lange perioden onder belasting zullen staan. Geotechnici moeten de kruipkarakteristieken begrijpen en overwegen maatregelen te nemen die gunstig werken voor de levensduur van BigBags.

7. Ontwerp aanbevelingen.

De aanbevelingen in dit hoofdstuk informeren en geven inzicht in de verschillende aspecten van bouwen met BigBags. Hierdoor wordt men bij het bouwproces van een BigBag constructie beter bewust van de potentiële risico's en het herkennen van factoren die risico vergrotend werken. Deze aanbevelingen dienen als basis van de ontwerpwijzer. Het stroomschema instrueert, door inzicht te geven in oplossingsrichtingen voor verschillende omstandigheden. Dit stelt de lezer in staat om zelfstandig, zonder tussenkomst van een geotechnicus of constructeur, maatregelen te treffen om risico's bij BigBag constructies te beperken.

7.1. Steilheid

Bij de overweging om BigBags toe te passen is belangrijk om de hellingshoek van het talud te weten. Zand heeft een maximale hoek van inwendige wrijving van 45° . Is er sprake van ruimtegebrek of andere factoren waardoor een steiler talud nodig is? Dan wordt aanbevolen om gebruik te maken van BigBags.



Figuur 7-1: Hellingshoek talud.

BigBags worden vaak toegepast waar weinig ruimte is. Hierdoor wordt met regelmaat erg steile wanden gerealiseerd. Om toch enige vorm van interlocking te hebben moeten de BigBags wel over elkaar heen gestapeld worden. Bij een talud van 1:1 worden de BigBags niet over elkaar geplaatst maar schuin naast elkaar. Dan zijn het individuele elementen die apart kunnen falen. Ook is 90 graden stapelen(rechtop) niet raadzaam, de gronddruk achter het doek wordt dan te hoog waardoor falen door overhellen een risico vormt. Om de BigBag het best te benutten is een talud van 2:1 raadzaam. Zo heeft de BigBag 50 centimeter overlapping waardoor niet te veel water instroomt en werkt de structuur van de zak gunstig als 1 geheel.

7.2. Tijdsduur

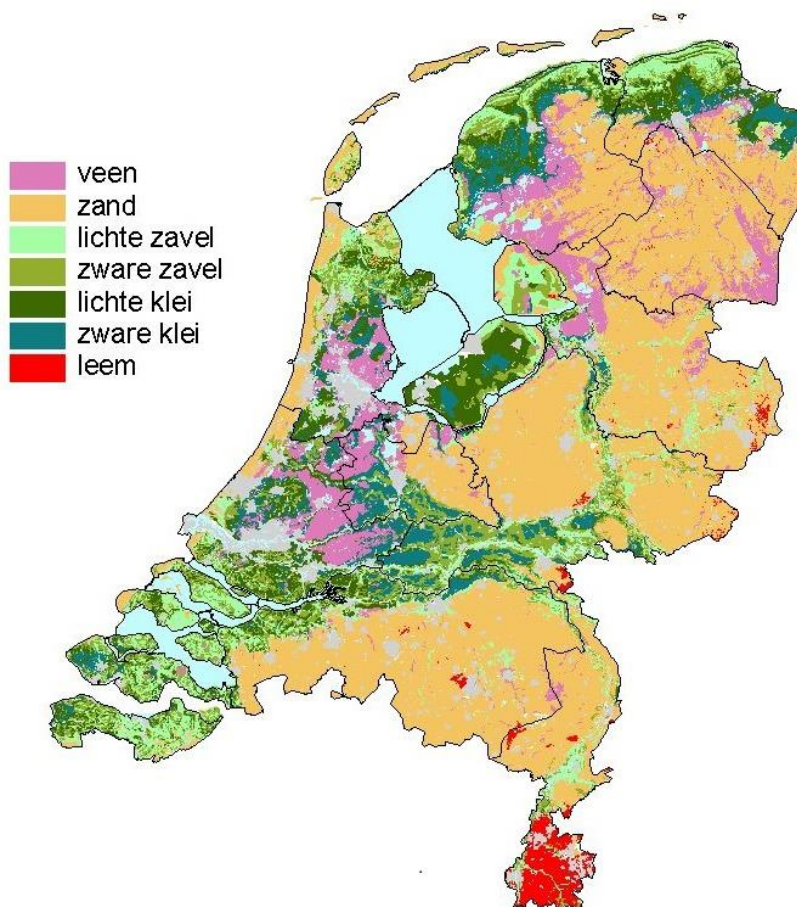
Polypropyleen is slecht bestendig tegen UV-straling. Daarom wordt geadviseerd rekening te houden met afnemende sterkte van het materiaal na verloop van tijd. De effectiviteit van UV-stabilisatoren kan na verloop van tijd verminderen. Vooral bij langdurige blootstelling aan intense UV-straling. Voor polypropyleenproducten die buiten worden gebruikt is het belangrijk om te controleren of ze UV-bestendig zijn en om eventueel beschermende maatregelen te nemen, zoals coatings of beschermingsdoeken. Dit om vroegtijdige degradatie te voorkomen. Een BigBag van 180 gram/m² kan 18% van de jaarlijkse UV-dosis uit zonlicht hebben. Echter helpen de volgende factoren gunstig: In de praktijk wordt het witte PP natuurlijk vuil, schijnt de zon niet loodrecht op het PP maar onder een hoek, wordt de buitenkant van de BigBag alleen belast door het zand in de zak niet de gronddruk achter de zak, kan de BigBag deels in de schaduw staan en in de praktijk wordt de sterkte niet voor 100% benut. Daarom wordt er aanbevolen om BigBag constructies niet langer dan 2,5 jaar toe te passen.

Kruip

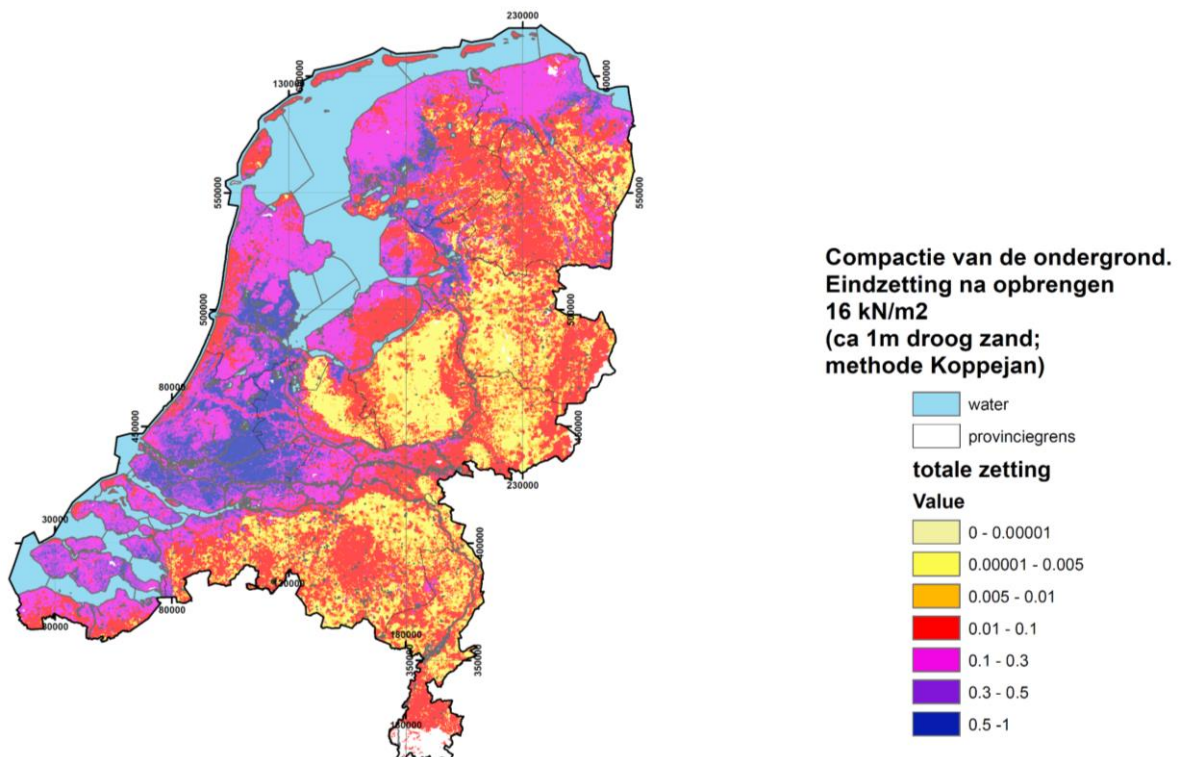
Door de effecten van kruip zal de BigBag afnemen in sterkte. Daarom wordt aanbevolen om rekening te houden met een maximale reductie van ongeveer 50% van de sterkte van het materiaal over een periode van 2 jaar.

7.3. Ondergrond en omgeving

Bij de ondergrond hangt het af wat bereikt moet worden. Op klei en veengronden is zetting creëren vaak de bedoeling. Bij zandgronden is de bodem vaak voldoende draagkrachtig genoeg en zal er minder zetting optreden. Ongeacht welke grondsoort voorkomt, is altijd raadzaam om een sondering uit te voeren. Als op klei en/of veen een tijdelijke BigBag constructie is geplaatst dient deze regelmatig gecontroleerd te worden dan een BigBag constructie op een zandgrond. Het advies bij klei- en veengronden is om wekelijks inspecties uit te voeren en bij twijfel vaker. Op zandgronden is maandelijks monitoren voldoende.

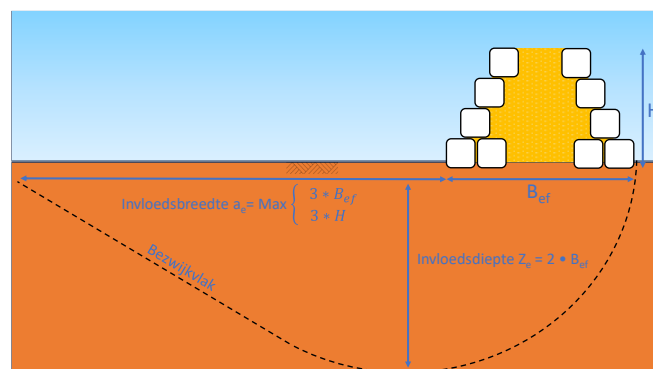


Figuur 7-2: Grondsoortenkaart Nederland, (Alterra, Research Instituut voor de groene ruimte.)
(Wageningen, 2023)



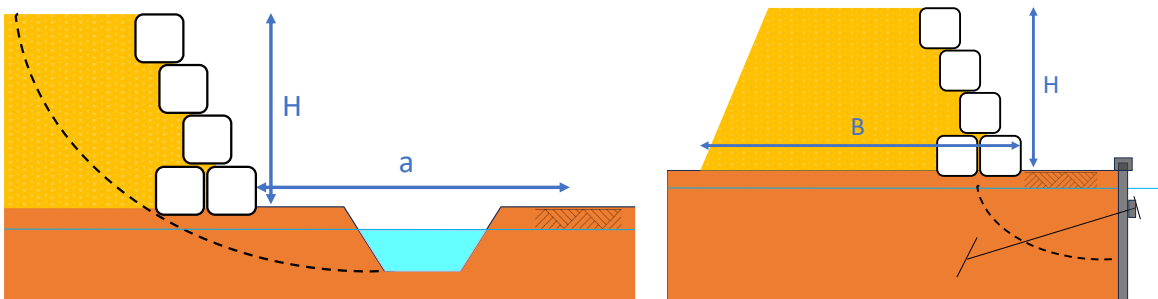
Figuur 7-3: Zettingenkaart van 1 kubieke meter zand. (TNO – Geologische Dienst Nederland, 2016)

Het is altijd mogelijk dat zwakke lagen in bodem zitten die de kans op falen vergroten. Binnen de context van deze ontwerpwijzer worden met slappe lagen, grondlagen bedoeld die voldoen aan de volgende voorwaarden: veen of kleilagen met $q_c < 5$. Indien deze lagen voorkomen binnen een invloedsdiepte (z_e) van $z_e \leq 2,00 \cdot B$ dient in de berekening van diepere glijcirkels rekening te worden gehouden met wateroverspanningen als gevolg van het aanbrengen van de tijdelijke BigBag constructie.



Figuur 7-4: Invloedsdiepte en invloedsbreedte.

De omgeving waar de wand staat moet grondig geanalyseerd worden. Wanneer een constructie veel belemmeringen in de omgeving tegenkomt, kan dit nadelige gevolgen hebben. Als de constructie een damwand of sloot in het invloedgebied vindt kan dat een belemmering vormen voor de BigBag wand. Voor de afstand van deze invloeden wordt gekeken met de formule $a \geq 3 \cdot B_{ef}$ of $a \geq 3 \cdot H$. Als de hoogte of breedte van de wand bekend is, moet dit vermenigvuldigd worden met 3 en dat is de minimale afstand dat een sloot of damwand in aanwezigheid mag zijn. Komen grondkerende constructies, ontgravingen of watergangen voor binnen de invloedsbreedte (a_e)? Raadpleeg dan een geotechnisch adviseur.

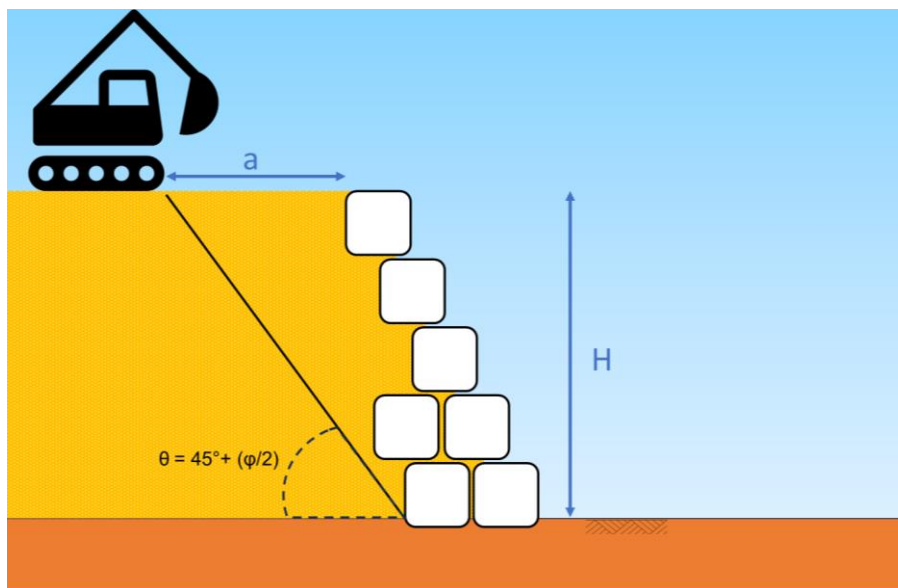


Figuur 7-5: Illustraties van invloedsgebieden nabij een BigBag wand

7.4. Bovenbelasting

Tijdens de aanleg of werkzaamheden kan het voorkomen dat boven de BigBag muur zich machines bevinden. Deze machines dienen altijd afstand te houden van de afgrond. Dit komt omdat de constructie niet voor zware gewichten is ontworpen. Bevinden zich toch grote of geconcentreerde belastingen op de BigBag constructie. Dan wordt aanbevolen om een gewichtsconstructie toe te passen, mocht dit niet een gewenste oplossing bieden, raadpleeg dan een geotechnisch adviseur.

Als materieel zich boven op de BigBag constructie bevindt, moeten deze op een veilige afstand van de rand bevinden zodat de constructie niet gaat bezwijken. Om een veilige afstand te kunnen bepalen waar het materieel zich nog mag bevinden wordt aanbevolen een hoek van $\theta = 45^\circ + (\varphi/2)$ te nemen vanaf het midden van de onderste zak. Het is dus zo, hoe beter de kwaliteit van de aanvulling hoe dichterbij de afgrond de machines zich mogen begeven. De hoek van inwendige wrijving is dan de maatgevende factor.

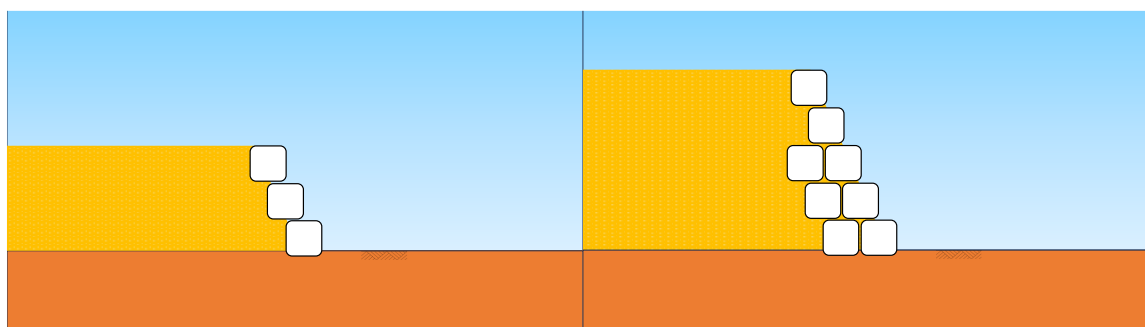


Figuur 7-6: Aanbeveling bovenbelasting.

7.5. Hoogte

Wat betreft de hoogte van een BigBag constructie is het belangrijk om te weten wat de te keren hoogte moet worden van de grond, dit is vrij gemakkelijk te meten. Als het een nieuwe constructie betreft zal eerst de grond worden aangebracht voor het voorbelasten. Daar kan in het ontwerp al rekening mee worden gehouden. Als het een verbreding betreft nabij een bestaande weg wordt de hoogte overgenomen van de bestaande weg. In enkele gevallen wordt de wand achteraf hoger gemaakt om de gewenste voorbelasting te genereren. In de ontwerpwijzer wordt onderscheid gemaakt tussen kleiner of gelijk aan 3 meter, of hoger dan 3 meter. In Figuur 7-7 is een BigBag muur geplaatst van 5 rijen hoog, omdat dit vrij hoog is zijn dubbele rijen BigBags toegevoegd voor extra stabiliteit.

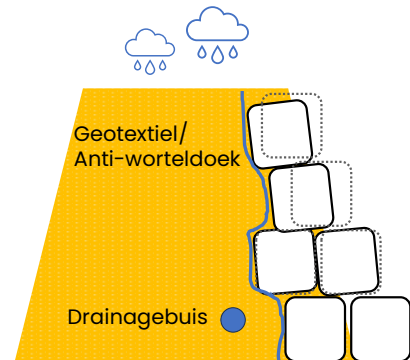
Als de BigBag wand hoger dan 3 meter moet worden dan wordt vanaf 3 rijen aangeraden dubbele rijen toe te passen. Bij 3 BigBags hoog is het een twijfelgeval. Als onzekerheid van de stabiliteit optreedt, neem dan een dubbele rij.



Figuur 7-7: Opbouw BigBag muur.

7.6. Voorkomen uitspoeling

Uitspoeling van zand kan makkelijk voorkomen worden door een geotextiel aan te brengen tussen de BigBags en de aanvulling. Het geotextiel en de BigBag zijn van zichzelf slecht doorlatend van karakter. Door de aanwezigheid van fijne(re) deeltjes of slib in de aanvulling kunnen de poriën van het geotextiel of de BigBags helemaal dichtslibben. Hierdoor ontstaat het risico dat zich waterdruk opbouwt achter de BigBag wand. Vooral ook omdat de ondergronden waarop tijdelijke BigBag constructies worden toegepast veelal ondoorlatende slappe lagen zijn (klei of veen). Dit kan horizontaal afschuiven tot gevolg hebben. Extra drainagevoorzieningen aan de basis van de BigBag constructie zijn daarom aan te bevelen.



Figuur 7-8: Advies bij geotextiel

7.7. Opbouw met geotextiel

Veel faalmechanismen zijn te voorkomen door een geotextiel. Dat komt omdat bij falen van één BigBag het geotextiel de positie van de BigBag overneemt en voorkomt dat het zand of grond van het talud uitspoelt. Geotextielen zijn geweven doeken van kunststoffen die veelal worden gebruikt als doek tegen uitspoeling. In de volksmond worden ze ook wel worteldoek genoemd. Een geotextiel kan beschouwd worden als een goede oplossing tegen het uitspoelen van zand binnen de constructie. Hieronder wordt uitgelegd hoe het geotextiel aangebracht dient te worden.



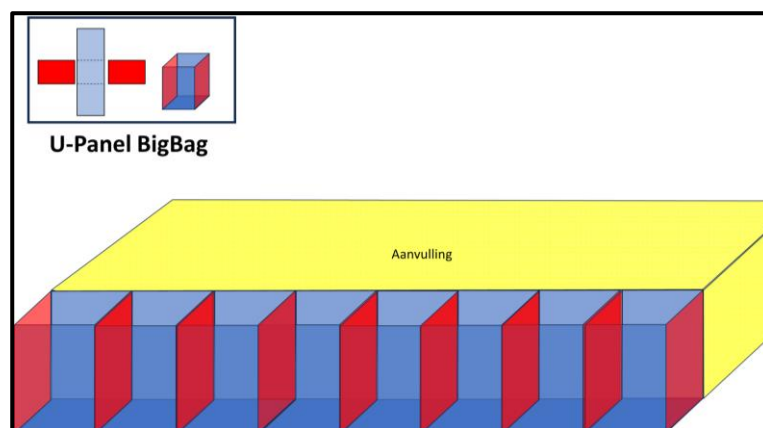
Figuur 7-9: Aanbrengen geotextiel ter voorkomen van zanduitspoeling.

7.8. Kwaliteit BigBag

Meerdere soorten BigBags zijn in productie. De kwaliteit hiervan wordt uitgedrukt in g/m^2 . Vaak geldt: hoe groter dit getal hoe sterker de BigBag. Om een zak te hebben die niet bij het optillen al scheurt door zijn eigen gewicht wordt aangeraden minimaal 180 g/m^2 te nemen. Wanneer een zwakkere wordt gekozen dreigt falen door kwaliteit. Soms staat de BigBag constructie ook langer dan gepland, het is dan geruststellend om een iets sterkere BigBag te hebben die ook de degradatie door UV-straling succesvol kan opvangen. Polypropyleen neemt logaritmisch af in sterkte. Bij het ontwerpen van constructies met PP(BigBags) moet dus rekening worden gehouden met het kruipgedrag, vooral als ze gedurende lange perioden onder belasting zullen staan. Een constructie met een levensduur van 2 jaar behoudt maar 50% van de treksterkte (bron: CUR174 §2.7.7, tabel 6 & §3.5.5, formule 3.26).

7.9. Positionering

In een tijdelijke BigBag constructie dienen zakken van het type U-panel (of U-body) te worden toegepast. Omdat de BigBags een sterkte en een minder sterke zijde hebben is de manier van stapelen belangrijk voor optimale draagkracht. In Figuur 7-10 is weergegeven op welke as het doek moet staan ten opzichte van het te keren zand. De blauwe zijde is het lange gedeelte die als sterker deel fungeert. Omdat het rode tussen genaaid doek niet in aanraking komt met de lucht en dus houvast vindt aan de burenen kan die daar minder snel scheuren. Het blauwe, in de sterkere richting genaaid, neemt zo dus de grootste lasten op zich. In hoofdstuk 6.3 Tabel 6-3 staan de uitslagen van de experimenten. Daar staat in dat de naainaad de zwakste factor is en dus maatgevend. Positioneren door middel van het tussenin plaatsten tegen andere BigBags aan wordt de sterkste kant van het doek het best benut.



Figuur 7-10: Opbouw doek en positionering.

7.10. Verdichten aanvulling

Wanneer de onderste rij BigBags zijn aangebracht is het tijd om te starten met aanvullen. Zand achter het talud dient goed verdicht te worden. Falen door terughellen zou anders op kunnen spelen. Dat betekent dat de BigBag wand in elkaar zakt. Wanneer het zand achter de wand voldoende draagkrachtig is zou dit minder snel kunnen optreden. Het verdichten van zand moet gebeuren volgens de NEN-EN 1997 Eurocode 7 of Geotechnisch onderzoek en advies fundering op staal Figuur 7-11 Daar staat in hoe zand verdicht dient te worden. Veelal gebeurt dit met trilplaten, maar ook het gewicht van de shovel mag als gunstigheid worden genomen.

Voor een optimale verdichting van zand wordt de volgende werkwijze geadviseerd:

- Het ontgravingsniveau aftrillen in minimaal 4 gangen, kruiselings en overlappend alvorens de eerste laag wordt aangebracht.
- De grondverbetering in lagen aanbrengen en verdichten met een trilplaat in minimaal 4 gangen, kruiselings en overlappend.
- De laagdikte afstemmen op de aan te wenden verdichtingsapparatuur en de eigenschappen van het zand in de onderstaande tabel. (Fugro NL Land B.V., 2019)

Het gebruik van trilwalsen wordt afgeraden. Dit zou de BigBag muur door het grote gewicht naar buiten kunnen drukken.

Apparaat	Gewicht	Laagdikte
Trilplaat	1 à 2 kN	0,2 m
Trilplaat	3 à 5 kN	0,3 m
Hand trilwals	6 à 8 kN	0,2 m
Tandem trilwals	12 à 15 kN	0,2 m
Tandem trilwals	ca 20 kN	0,3 m
Zelfrijdende (tril)wals	8 à 120 kN	0,3 à 0,5 m
Zelfrijdende (tril)wals	≥ 120 kN	0,5 m
Opmerking: Voor een grote dieptewerking in het algemeen wordt een groot aantal gangen (10 à 15) vereist doordat de effectiviteit met de diepte snel afneemt. Daarnaast is de staat van onderhoud van de apparatuur ook een belangrijk aspect.		

Figuur 7-11: Verschillende methoden van verdichten. (Fugro NL Land B.V., 2019)

8. Bronvermelding

- Admet. (sd). *astm-d4595-geotextiles-tension-testing*. Opgeroepen op Januari 3, 2024, van Admet.com: <https://www.admet.com/testing-applications/testing-standards/astm-d4595-geotextiles-tension-testing/>
- Ahmadi, M. S. (2017, Januari). *Cone-drop-test-apparatus_fig1_318183929*. Opgeroepen op januari 3, 2024, van ResearchGate.net: https://www.researchgate.net/publication/318183929_An_Investigation_into_Dynamic_Puncture_Resistance_of_the_Polyester_Needled_Nonwoven_Geotextiles_Using_Video_Processing_Technique
- BigBagStore. (2023, 9 10). *infrawerken*. Opgehaald van bigbagstore.nl: <https://www.bigbagstore.nl/infrawerken/>
- CROW. (2004). Handboek Zandboek. In CROW, *Grondwerk en funderingen* (p. 2.3.2 Proeven ter bepaling). Utrecht: CROW.
- De Beraadsgroep Straling en Gezondheid. (2009, 11 12). *Briefadvies UV straling en zonnebanken* . Rotterdam: <https://www.gezondheidsraad.nl/binaries/gezondheidsraad/documenten/adviezen/2009/11/12/uv-straling-en-zonnebanken/briefadvies-uv-straling-en-zonnebanken.pdf>. Opgehaald van <https://www.gezondheidsraad.nl/binaries/gezondheidsraad/documenten/adviezen/2009/11/12/uv-straling-en-zonnebanken/briefadvies-uv-straling-en-zonnebanken.pdf>
- de Jongh, i. (2023, November 1). Heiplateau van BigBags. (J. Spitzen, & j. Gernaat, Interviewers)
- Deltares. (sd). *D-stability*. Opgeroepen op januari 3, 2024, van Deltares.nl.
- Dijkstra, K. S. (sd). BigBag muur. *geen*. Koninklijke Sjouke Dijkstra, Groningen Ring-Zuid afrit Weg der Verenigde Naties.
- E22 Groningen. (2020, 8 15). *Google Maps*. Opgehaald van Google Street View: https://www.google.com/maps/@53.1996507,6.5497405,3a,75y,29.15h,71.02t/data=!3m7!1e!3m5!1sHaoYTvZQcrXag2Jtm6Fs_g!2e0!5s20200801T000000!7i16384!8i8192?entry=ttu
- Ellen van Gaalen. (2021, 7 18). *Parool.nl*. Opgehaald van Parool.nl geraadpleegd op 20-10-2023: <https://www.parool.nl/nederland/gevaar-nog-niet-geweken-deze-dijk-gaat-klappen-als-we-niets-doen-ba7ad673/>

- Espgeosynthetics. (2023, 12 15). *wp-content/uploads/2016/05/Quick-Ref-Guide-for-Sewing-Geotextiles.pdf*. Opgehaald van <http://www.espgeosynthetics.com/>:
<http://www.espgeosynthetics.com/wp-content/uploads/2016/05/Quick-Ref-Guide-for-Sewing-Geotextiles.pdf>
- Fugro NL Land B.V. (2019, 9 3). */externebijlagen/exb-2020-47722/1/bijlage/exb-2020-47722.PDF*. Opgehaald van <https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/>:
<https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/externebijlagen/exb-2020-47722/1/bijlage/exb-2020-47722.PDF>
- Geïnterviewden. (2023, 10 20). Informatie van: Johan de Jongh, Pieterjan van Boven, Tunis Hoekstra, Arjan Grashuis. (J. G. Spitzen, Interviewer)
- Gemeente Langsingerland. (2022, 12 23). *N209 bij Bergschenhoek door Strukton*. Opgehaald van Lansingerland:
<https://www.lansingerland.nl/actueel/werkzaamheden-geluidsschermen-bergschenhoek-in-het-tweede-kwartaal-2023-hervat/>
- Gibbesch, B. (2013, 4 3). *BorisGibbesch/basiskennis-van-kunststoffen-nikk*. Opgehaald van <https://www.slideshare.net/>:
<https://www.slideshare.net/BorisGibbesch/basiskennis-van-kunststoffen-nikk>
- Groningen, P. (2016, 7 11). *photos/133032869@N02/27632263243/in/photostream*. Opgehaald van flickr.com:
<https://www.flickr.com/photos/133032869@N02/27632263243/in/photostream/>
- Heijmans. (sd). *BigBag constructie*. Heijmans, Rosmalen (2023), Nederland.
- Hoekstra, i. T. (2018, 09 04). 17206 Stationsgebied Haren. *Stabiliteitsberekening BigBags constructie*. Haren, Groningen, Nederland: Ingenieursbureau Boorsma .
- Jee, R. (. (2023, oktober). PP. (G. Jornaat, Interviewer)
- Jongh, i. J. (2023, November 1). BigBags ter tijdelijke versteviging van een kademuur. (J. S. Gernaat, Interviewer)
- Nederlandse Normalisatie-instituut. (2005, Oktober). *NEN-EN-ISO 21898:2005 en*. Opgeroepen op september 20 , 2023, van NEN connect:
<https://connect.nen.nl/Standard/Detail/105544?compId=10134&collectionId=0>
- NOS. (2022, December 16). *NOS Tunnelbak Margriet*. Opgehaald van NOS:
<https://nos.nl/artikel/2456625-grondwater-oorzaak-omhoogduwen-a7-bij-sneek-weg-mogelijk-maanden-dicht>
- Onbekend. (2023, 12 08). *bodem/aandachtspunten-op-zand-klei-en-veenbodems*. Opgehaald van nutrinorm.nl: <https://nutrinorm.nl/bodem/aandachtspunten-op-zand-klei-en-veenbodems/>
- PCC-groep. (2021, November 4). *Polypropyleen – eigenschappen, toepassing en alles wat u erover moet weten*. Opgehaald van Products.pcc.eu:

- <https://www.products.pcc.eu/nl/blog/polypropyleen-eigenschappen-toepassing-en-alles-wat-u-erover-moet-weten/>
- Provincie Groningen. (2016, 7 8). Opgehaald van www.flickr.com:
<https://www.flickr.com/photos/133032869@N02/27554322644/in/photostream/>
- Reader Geotechniek voor het HBO. (2014). 6.3 Berekening van een fundering op staal. In a. H. Techniek, *Werkgroep Waterbouw* (pp. 223-246). Den Haag: NEN-EN 1997-1.
- researchgate.nl. (2021, 3 1). *figure/Polypropylene-PP-e-e-e-e-t-creep-curves-measured-at-TH-TH-TH-TH-20-o-C-18_fig4_349974931*. Opgehaald van
<https://www.researchgate.net/>:
https://www.researchgate.net/figure/Polypropylene-PP-e-e-e-e-t-creep-curves-measured-at-TH-TH-TH-TH-20-o-C-18_fig4_349974931
- Rijkswaterstaat en NGO. (2009). *CUR-Rapport 174 'Geokunststoffen in de waterbouw - Tweede, herziene uitgave', p31-p34*. Gouda: Stichting CURNET.
- RIVM. (2018, Augustus 14). *uv-straling-van-zon-in-juli-2018-breekt-record*. Opgeroepen op Januari 9, 2024, van www.rivm.nl: <https://www.rivm.nl/nieuws/uv-straling-van-zon-in-juli-2018-breekt-record>
- Safeflex. (2021, 1 1). *products/fibcs/fibc-construction/fibcs-construction/*. Opgehaald van <https://safeflex.org/>: <https://safeflex.org/products/fibcs/fibc-construction/fibcs-construction/>
- Testform, Turkije. (2023, 10 10). *index.php?route=product/product&language=en-gb&product_id=488*. Opgehaald van <https://www.testform.com.tr>:
https://www.testform.com.tr/index.php?route=product/product&language=en-gb&product_id=488
- TNO – Geologische Dienst Nederland. (2016, 5 16). *document/zettingskaart-nederland/*. Opgehaald van <https://www.cob.nl/>: <https://www.cob.nl/document/zettingskaart-nederland/>
- van Gaalen, E. (2021, Juli 18). *Gevaar nog niet geweken: 'Deze dijk gaat klappen als we niets doen'*. Opgehaald van Het Parool: <https://www.parool.nl/nederland/gevaar-nog-niet-geweken-deze-dijk-gaat-klappen-als-we-niets-doen~ba7ad673/>
- Wageningen, U. (2023, 12 8). *bodem/aandachtspunten-op-zand-klei-en-veenbodems*. Opgehaald van nutrinorm.nl: <https://nutrinorm.nl/bodem/aandachtspunten-op-zand-klei-en-veenbodems/>
- Z.N. (2018, 06 08). *Aanpak ring zuid*. Opgehaald van www.aanpakringzuid.nl:
<https://www.aanpakringzuid.nl/actueel/nieuws/verhalen/virtuele-map/tijdelijke-weg/>

B1 Ontwerpwijzer Tijdelijke BigBag Constructies

ONTWERPWIJZER

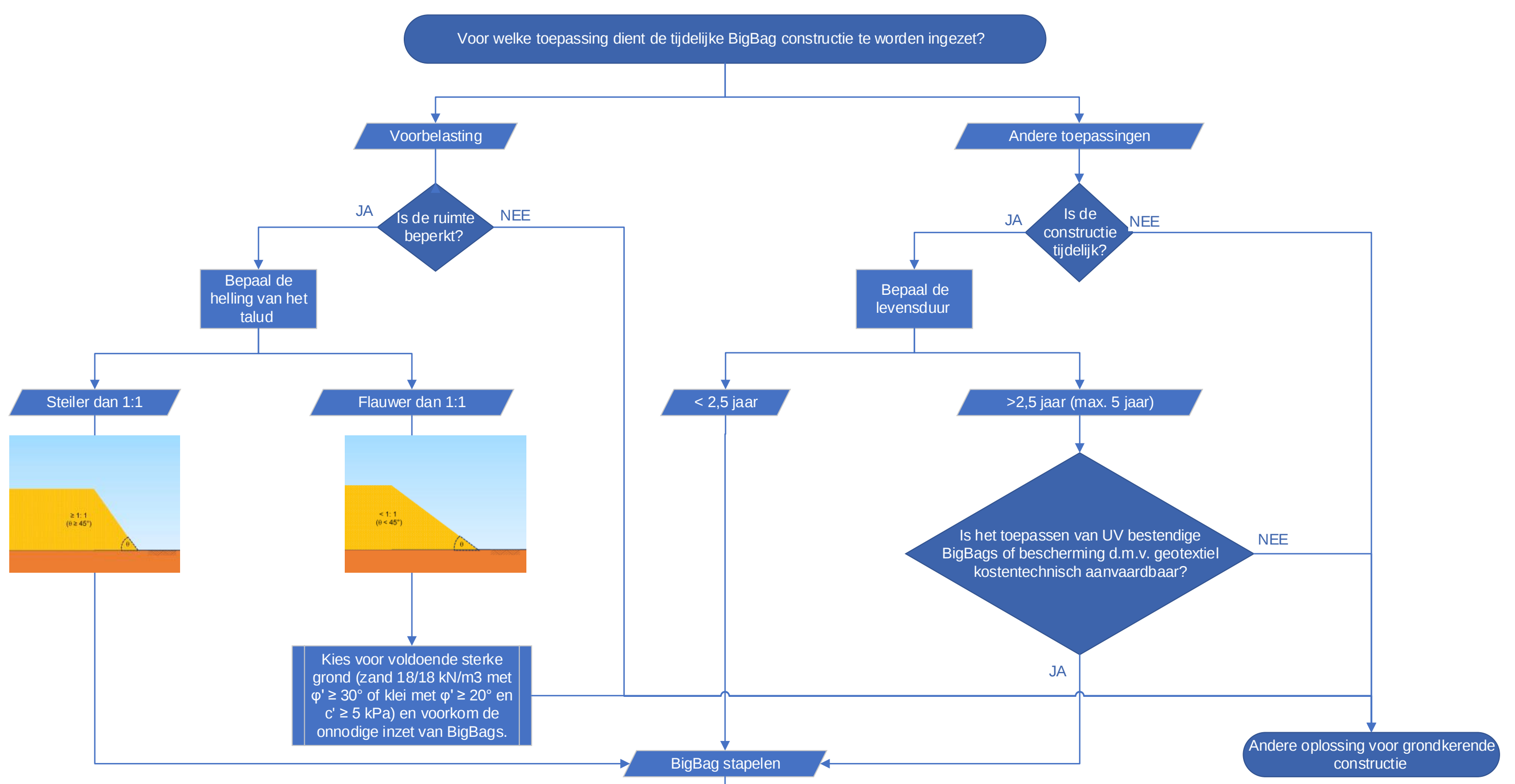
STABILITEIT VAN TIJDELIJKE BIGBAG CONSTRUCTIES

project	23264
document	AR-23264-002
versie	2.0
datum	26-01-2024

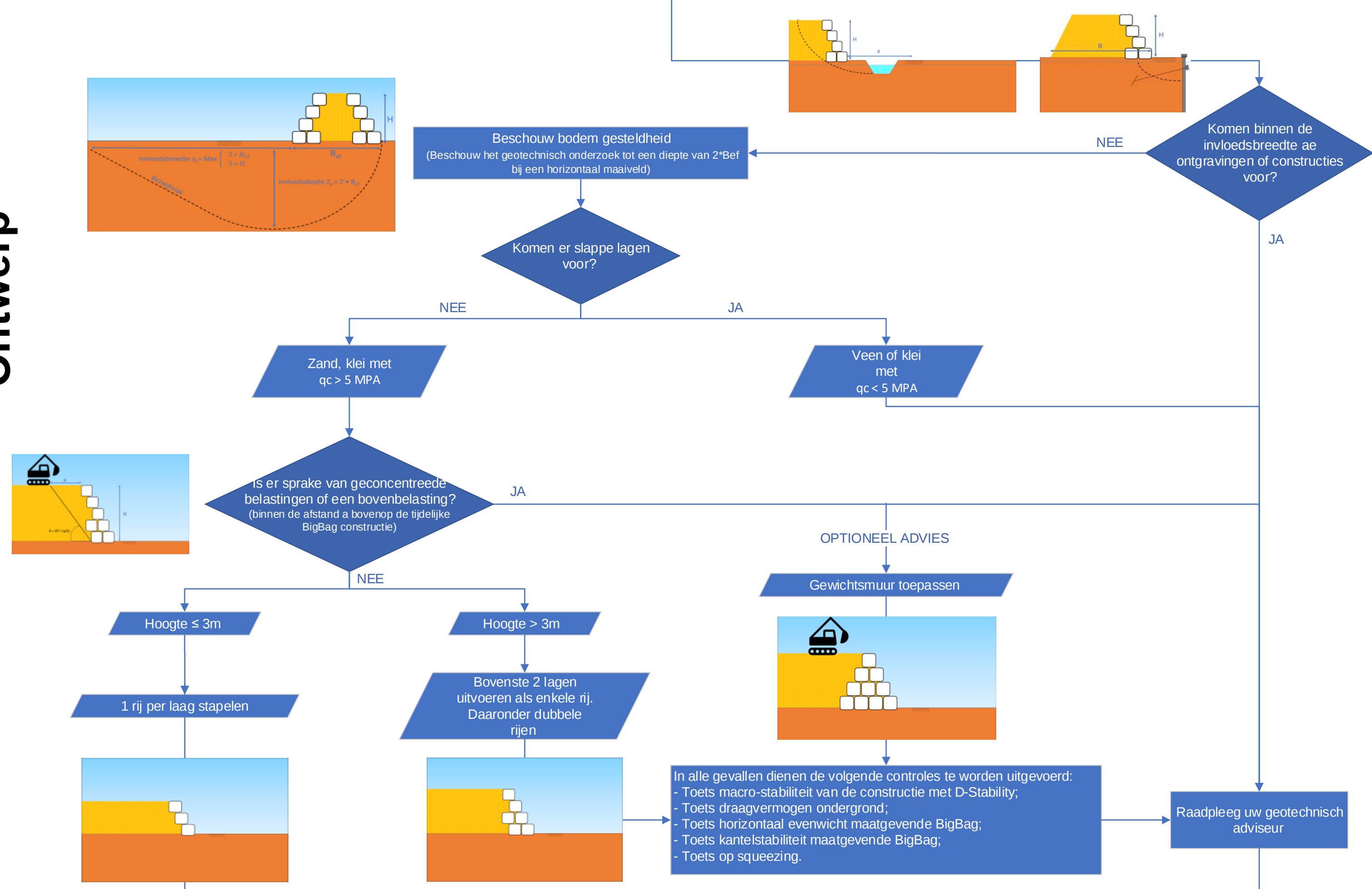


ONTWERPWIJZER TIJDELIJKE BIGBAG CONSTRUCTIES

Uitgangspunten



Ontwerp



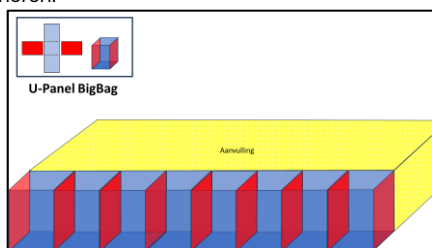
Uitvoering

- Ga **altijd** veilig te werk. Raadpleeg de generieke aanbevelingen op het productlabel van de BigBag en hanteer de bouw- en infrasector gebruikelijke arboregels;
- Pas BigBags toe van het type U-panel, vervaardigd uit geotextiel ($m > 180$ g/m2);
- Voor aanleg de vegetatie verwijderen;
- Pas tenminste 20 cm dekking toe op het aanlegniveau van de onderste laag;
- Houd rekening met uitspoeling van zand. Pas indien nodig een geotextiel toe achter de BigBags;
- Overweeg het toepassen van een barri r ter voorkoming van aanrijdschade;
- Breng aanvulling achter de BigBags aan in goed verdichte lagen van 0,3 m;
- Drainagemiddelen ter voorkoming van het opbouwen van waterdruk.

TOELICHTING

Algemeen

- [1] De BigBags die worden gebruikt voor tijdelijke constructies in de Nederlandse bouw- en infrasector worden veelal vervaardigd uit polypropyleen (PP) geotextiel met een doekmassa van tenminste 180 gram/m². Bij de leveranciers zijn fabrieksspecificaties van het materiaal beschikbaar. BigBags zijn ook verkrijgbaar in zwaardere varianten.
- [2] Polypropyleen is slecht bestendig tegen UV-straling. Daarom wordt geadviseerd rekening te houden met afnemende sterkte van het materiaal na verloop van tijd. Een standaard BigBag van 180 gram/m² kan slechts 1% van de jaarlijkse UV-dosis uit zonlicht hebben. Echter helpen de volgende factoren gunstig: In de praktijk wordt het witte PP vuil, schijnt de zon niet loodrecht op het PP maar onder een hoek, de buitenkant van de BigBag wordt alleen belast door het zand in de zak niet de gronddruk achter de zak, kan de BigBag deels in de schaduw staan en in de praktijk wordt de sterkte niet voor 100% benut.
- [3] Binnen de context van deze ontwerpwijzer wordt met slappe lagen bedoeld grond bestaande uit veen- of kleilagen met $q_c < 5$ MPa. Indien deze lagen voorkomen binnen de invloeddiepte (Z_e) met $Z_e \leq 2 \cdot B_{ef}$ dient in de berekening van diepere glijcirkels rekening te worden gehouden met wateroverspanningen als gevolg van het aanbrengen van de tijdelijke BigBag constructie. Komen binnen de invloedsbreedte (a_e) met $a_e = \text{Max} \left\{ \begin{matrix} 3 \cdot B_{ef} \\ 3 \cdot H \end{matrix} \right.$ grondkerende constructies, ontgravingen of watergangen voor? Raadpleeg dan een geotechnisch adviseur.
- [4] In een tijdelijke BigBag constructie dienen zakken van het type U-panel (of U-body) te worden toegepast. Om de BigBag in sterkte te kunnen benutten wordt geadviseerd om de BigBags als volgt te positioneren:



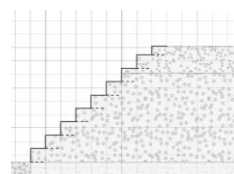
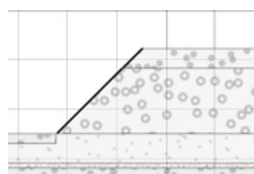
Ontwerputgangspunten

- [5] Omdat zand in de BigBag minder goed verdicht kan worden dient bij de gewichtsberekening in de zakken te worden uitgegaan van een lager soortelijk gewicht dan die bij de aanvulling achter de BigBags wordt gehanteerd. Een goed uitgangspunt is 16 kN/m³ in de zakken en 18 kN/m³ in de aanvulling (zand $\phi' \leq 30^\circ$).
- [6] De verschillende geotextiel delen van de BigBag zijn samengesteld d.m.v. een vlindernaad (butterfly seam). Uit testen blijkt dat de naad van invloed is op de sterkte van het textiel. Deze geeft conform CUR 174 (§2.7.6, tabel 4) een reductie van tenminste 30% op de sterkte van het materiaal in de weefrichting (inslag, weft direction, XD). (Bron: CUR 174 Geokunststoffen in de waterbouw)
- [7] Er dient rekening te worden gehouden met een sterkte reductie door kruip. Een constructie met een levensduur van 2,5 jaar behoudt maar 49% van de treksterkte (bron: CUR174 §2.7.7, tabel 6 & §3.5.5, formule 3.26).
- [8] Tijdens het berekenen van een BigBag constructie moet voor de belasting de partiële factoren worden gebruikt uit NEN 1997-1 tabel A.3 kolom A2-overige. Dat geeft een factor $\gamma_G = 1,0$ voor permanente belasting (gunstig en ongunstig) en een factor $\gamma_Q = 1,3$ voor

veranderlijke belasting (ongunstig). De Partiële factoren op de materiaalsterkte zijn te vinden in NEN 1997-1 tabel A.4a kolom algemene veiligheid. Bij een BigBag constructie kan er van een veiligheidsklasse RC1 uit worden gegaan, echter is deze in de meeste gevallen te hoog door het tijdelijke karakter van de constructie. Gebruik daarom de partiële factoren gegeven in de opmerking van de tabel. Daarin staat dat de partiële factoren voor de effectieve cohesie $\gamma_c' = 1,0$ en voor de hoek van inwendige wrijving $\gamma_\psi = 1,05$.

Ontwerpproces

- [9] Schadegevallen waarbij de interne instabiliteit een rol speelt zijn niet bekend. De interne stabiliteit van tijdelijke BigBag constructies dient te worden beschouwd wanneer sprake is van een bovenbelasting of geconcentreerde belastingen. Interne stabiliteit betreft horizontaal afschuiven en kantelstabiliteit van de individuele zakken, lagen of rijen. Voorbeelden van belastingen zijn bouwverkeer of zwaarder materieel. Het geotechnisch ontwerp en de controle van dergelijke situaties kan worden uitgevoerd d.m.v. analytische berekeningen of met behulp van een (3D) EEM model (bijvoorbeeld Plaxis).
- [10] BigBag constructies kunnen op twee manieren in D-Stability worden ingevoerd. Een manier die veel wordt gebruikt is de BigBags als een rechte "forbidden line" in D-Stability invoeren. In dat geval wordt ervan uitgegaan dat de interne stabiliteit voldoet. Omdat het veelal nodig is de sterkte van de zakken zelf expliciet in rekening te brengen in de stabiliteitsberekening, dient bij voorkeur het volgende stappenplan te worden gevolgd in een D-Stability berekening:
 - Stap 1: Maak een stabiliteitsberekening in D-Stability en voer de BigBags in als 3 lijnen, zodat deze later omgezet kan worden naar een forbidden line aan de voorzijde en een geotextiel aan de onderzijde. De achterzijde doet er doorgaans niet toe in een stabiliteitsberekening.
 - Stap 2: Kijk waar de maatgevende afschuificirkel doorheen gaat. Voor de BigBags waar de afschuificirkel doorheen snijdt wordt de onderkant door een geotextiel vervangen met de representatieve treksterkte of rekenwaarde voor de treksterkte (te bepalen uit de specificaties van de leverancier, rekening houdend met de NEN 9997-1).
 - Stap 3: Bereken opnieuw. De BigBags waar de afschuificirkel nu niet meer door heen gaat kunnen (als het maximaal aantal geotextielen is bereikt) vervangen worden door forbidden lines.
 - Stap 4: Herhaal stap 3



Disclaimer

Aan deze informatieve ontwerpwijzer kunnen geen rechten worden ontleend. De ontwerpwijzer is het product van het afstudeeronderzoek 'Stabiliteit van tijdelijke BigBag constructies' van ing. J. Spitz en ing. J. Gemaat (2023-2024). De ontwerpwijzer dient uitsluitend ter ondersteuning van ter zake deskundige ontwerpers. Nader onderzoek wordt aanbevolen om de kennis van dit ontwerp te verdiepen, verbreden en te valideren.



Boorsma
adviseurs & ingenieurs

University of
Applied Sciences

Windesheim



Gerben Sondermanstraat 2
9203 PV Drachten

Postbus 647
9200 AP Drachten

T +31 (0) 88 0188 300
E drachten@boorsma.com

Hardwareweg 34
3821 BM Amersfoort

Postbus 2505
3800 GB Amersfoort

T +31 (0) 88 0188 380
E amersfoort@boorsma.com

Het Spijk 18C
8321 WT Urk

T +31 (0) 88 0188 380
E urk@boorsma.com

W www.boorsma.com



NL INGENIEURS

Alle opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de 'De Nieuwe Regeling 2011 (DNR 2011) - Rechtsverhouding opdrachtgever - architect, ingenieur en adviseur', gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam, met dien verstande dat aan ons de vrijheid voorbehouden blijft om een geschil in afwijking van de DNR 2011 in eerste instantie voor te leggen aan de gewone rechter, bevoegd ter plaatse van onze hoofdvestiging. De DNR 2011 ligt ter inzage ten kantore van Boorsma B.V.

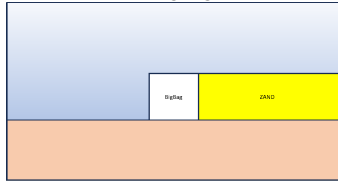
B2 Berekeningen stabiliteit op mesoniveau

BigBag berekening

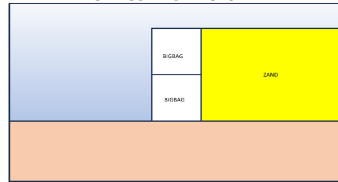


projectnaam berekeningen afstudeeronderzoek
Opgesteld door Jomar Gernaat
Datum 9-1-2024
Versie 1.0

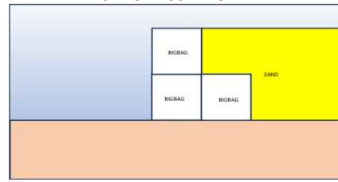
1 BIGBAG



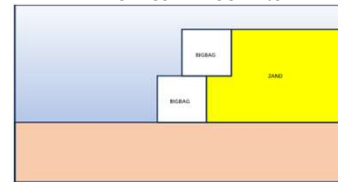
2 BIGBAGS RECHT GESTAPELD



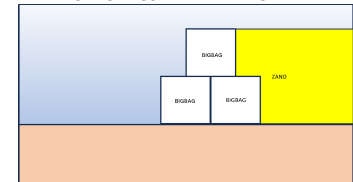
3 BIGBAGS L-VORM



2 BIGBAGS TRAPSGEWIJS



3 BIGBAGS PIRAMIDE VORM



De volgende tekst staat beschreven in de NEN 1997-1 over de Partiële factoren:

(a) Belastingen, die door de grond worden uitgeoefend op in de geotechnische constructie aanwezige constructieve elementen die zijn samengesteld uit andere materialen dan grond, de zogenoemde gronddrukken op constructieve elementen, moeten zijn bepaald door een grondmechanische berekening met de karakteristieke waarden van de grondeigenschappen. Op de berekende gronddruk moet de partiële factor volgens tabel A.3 kolom A1 zijn toegepast.

OPMERKING

Hier is sprake van een geotechnische belasting op een geotechnische constructie zijnde een fundering. Voorbeelden: gronddruk op kelder- en tunnelwand. Deze constructies zijn in NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2011/NB:2011 ingedeeld in groep B.

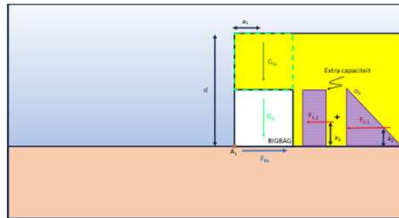
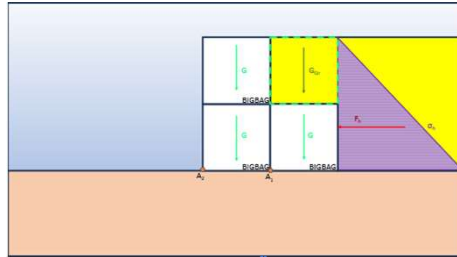
(b) Bij de bepaling van de horizontale gronddruk op grondkerende constructies moeten voor de grondeigenschappen en de geometrie de rekenwaarden zijn gebruikt. Op de berekende gronddruk moet de belastingsfactor volgens tabel A.3 kolom A2 (damwand) voor de belastingen zijn toegepast. Voor verticale belastingen op de grondkerende constructie en bepaling van de verticale draagkracht van de constructie gelden de belastingsfactoren volgens tabel A.3 kolom A1.

Tabel A.3 - Partiële factoren voor belastingen (γ_F) of belastingseffecten (γ_E)

Belasting		Symbool	Combinatie		
			A1	A2	
				Overig	Damwand
Permanent	Ongunstig	γ_G	1,35 ^{a b c}	1,0	1,0
	Gunstig		0,9	1,0	1,0
Veranderlijk	Ongunstig	γ_Q	1,5 ^b	1,3 ^b	1,1 ^b
	Gunstig		0	0	0

OPMERKING

Eenvoudige constructies, waarbij geen persoonlijke veiligheidsrisico's bij falen aanwezig zijn en de kans op schade bij falen relatief gering is, bijvoorbeeld een beschoeiing met een maximale kerende hoogte van 2 m, mogen zijn ingedeeld in een lagere veiligheidsklasse dan RC1. Uitgaande van een betrouwbaarheidsindex $\beta = 2,5$ bedraagt de partiële factor voor de effectieve cohesie 1,0 en voor de hoek van inwendige wrijving 1,05.



BigBag afmetingen	
b	1.1 m
h	0.95 m
V	1.0 m³

Grondgegevens (zand)	
γ _{zand}	18 kN/m³
γ _{sat}	18 kN/m³
d	1.1 m
c _{act}	0.33
φ [°]	30

Grondgegevens (klei)	
γ _{sat}	18 kN/m³
c	5 kN/m²
φ _{act} [°]	22.5

Partiële Factoren*	
γ _G	1.0
γ _Q	1.0
γ _R	1.05
γ _E	1.0

*zie toelichting

ybigbag TV (per BB)	
G	16 kN
(G ₁ +G ₂)*γ _G	32 kN
0.5*γ _G	9.0 kN
G ₁ *γ _G	15.3 kN/m

y*d	
G ₁ *d	19.8 kN/m²
G ₂ *d	6.5 kN/m²
G ₁ *d*0.5*γ _G	9.9 kN
1/3*d	0.37 m
G ₁ *d*γ _G	3.8 kN/m

doelzoek	
0.5*γ _G	9.0 kN
1/3*d	0.37 m
G ₁ *d*γ _G	3.8 kN/m

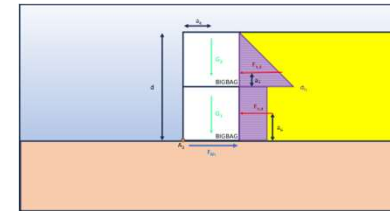
E.F.	
E ₁	6.9 kN
E ₂	3.1 kN/m
E ₁ *tan(φ _{act} /2)	21.5
2/3*d	14.35
G ₁ *tan(φ _{act} /2)*γ _G	12.0 kN

effectieve breedte	
M _{act} /G ₁	x = 0.10 m
2*[(M _{act} /G ₁)*x]	y = 0.76 m

Kantelstabiliteit	
M _{act} > M _{resist}	Voldoet 21%

Afschuiven	
E ₁ > E ₂	Voldoet 58%

Effectieve breedte	
b > 1/3*d	Voldoet



BigBag afmetingen	
b	1.1 m
h	0.95 m
V	1.0 m³
n (aantal)	2

Grondgegevens (zand)	
γ _{zand}	18 kN/m³
γ _{sat}	18 kN/m³
d	2.2 m
c _{act}	0.33
φ [°]	30

Grondgegevens (klei)	
γ _{sat}	18 kN/m³
c	5
φ _{act} [°]	22.5

Partiële Factoren*	
γ _G	1.0
γ _Q	1.0
γ _R	1.05
γ _E	1.0

*zie toelichting

ybigbag TV (per BB)	
G	16 kN
(G ₁ +G ₂)*γ _G	32 kN
0.5*γ _G	9.0 kN
G ₁ *γ _G	15.3 kN/m

y*d	
G ₁ *d	39.6 kN/m²
G ₂ *d	13.1 kN/m²
G ₁ *d*0.5*γ _G	9.9 kN
1/3*d	0.37 m
G ₁ *d*γ _G	3.8 kN/m

doelzoek	
0.5*γ _G	9.0 kN
1/3*d	0.37 m
G ₁ *d*γ _G	3.8 kN/m

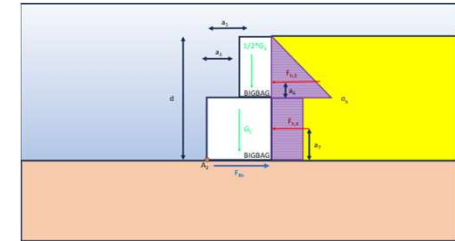
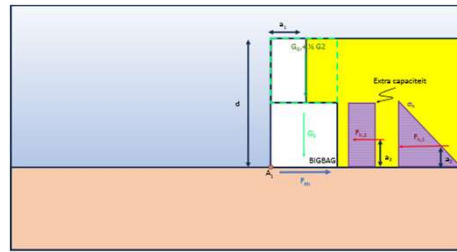
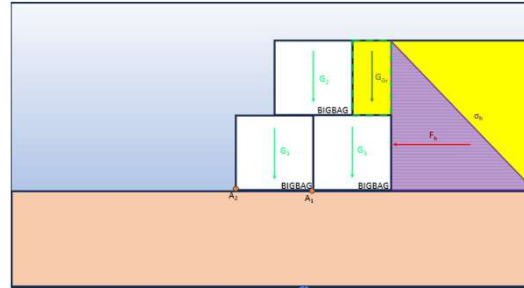
E.F.	
E ₁	6.9 kN
E ₂	3.1 kN/m
E ₁ *tan(φ _{act} /2)	21.5
2/3*d	14.35
G ₁ *tan(φ _{act} /2)*γ _G	12.0 kN

effectieve breedte	
M _{act} /G ₁	x = 0.11 m
2*[(M _{act} /G ₁)*x]	y = 0.73 m

Kantelstabiliteit	
M _{act} > M _{resist}	Voldoet 19%

Afschuiven	
E ₁ > E ₂	Voldoet 63%

Effectieve breedte	
b > 1/3*d	Voldoet



Bigbag afmetingen	
h	1,1 m
b	0,95 m
V	1,0 m ³

Grondgegevens (zand)	
γ_{zand}	16 kN/m ³
γ_{nat}	18 kN/m ³
d	1,1 m
ϕ_{nat}	0,33
ϕ_{nat} [°]	30

Grondgegevens (klei)	
γ_{nat}	18 kN/m ³
C	5 kN/m ²
ϕ_{nat} [°]	22,5

γ_{c} *	1,0
$\gamma_{\text{c,correctie}}$ *	1,0
γ_{c}	1,05
γ_{c}	1,0

*Zie toelichting.

$\gamma_{\text{bigbag}} \cdot V$ (per BB)	G	16 kN
$(G_1 + (1/2 \cdot G_2 + G_3)) \cdot \gamma_{\text{B}}$	G _B	32 kN
$0,5 \cdot b$	a ₁	0,48 m
$G_3 \cdot b_1$	M _{B1}	15,3 kNm

$\gamma \cdot d$	G _{nat}	19,8 kN/m ²
$G_{\text{nat}} \cdot \gamma_{\text{correctie}}$	G _N	6,5 kN/m ²
$G_N \cdot d \cdot 0,5 \cdot \gamma_{\text{c,correctie}}$	F _{B1,d}	3,6 kN
$1/3 \cdot d$	a ₂	0,37 m
$F_{B1,d} \cdot a_1$	M _{B1,1}	1,3 kNm

doeltoeken	F _{B2,d}	3,3
$0,5 \cdot h$	a ₁	0,55
$F_{B2,d} \cdot a_1$	M _{B1,2}	1,8

EF	F _{B2,net,d}	6,9 kN
EF	M _{B2,net}	3,1 kNm
$\arctan(\tan \phi_{\text{nat}} / \gamma_{\text{B}})$	ϕ'_1 [°]	21,5
$2/3 \cdot \phi \cdot d$	ϕ'_2 [°]	14,35
$G_{\text{nat}} \cdot \tan(\phi'_1 + \phi'_2 / \gamma_{\text{c}} \cdot \gamma_{\text{B}})$	F _{B2,d}	12,0 kN

effectieve breedte		
$M_{B2,net}/G_B$	x	0,10 m
$2 \cdot ((M_{B2}/G_B) \cdot x)$	b'	0,76 m

Kantelstabiliteit		
$M_{B2} > M_{B2,net}$	Voldoet	21%

Afschuiven		
$F_{B2,d} > F_{B2,net,d}$	Voldoet	58%

Effective breedte	
$b' > 1/3 \cdot b$	Voltoet

Bigbag afmetingen	
h	1,1 m
b	0,95 m
V	1,0 m ³

Grondgegevens (zand)	
γ_{zand}	16 kN/m ³
γ_{nat}	18 kN/m ³
d	2,2 m
ϕ_{nat}	0,33
ϕ [°]	30

Grondgegevens (klei)	
γ_{nat}	18 kN/m ³
C	5
ϕ_{nat} [°]	22,5

γ_{c} *	1,0
$\gamma_{\text{c,correctie}}$ *	1,0
γ_{c}	1,05
γ_{c}	1,0

*Zie toelichting.

$\gamma_{\text{bigbag}} \cdot V$ (per BB)	G	16 kN
$G_1 \cdot \gamma_{\text{B}}$	G _{1,d}	16 kN
$0,5 \cdot b$	a ₁	0,48 m
$G_3 \cdot a_1$	M _{B1,1}	7,6 kNm

$1/2 G_2 \cdot \gamma_{\text{B}}$	$1/2 \cdot G_{2,d}$	9 kN
$0,25 \cdot b$	a ₁	0,72 m
$1/2 \cdot G_{2,d} \cdot a_1$	M _{B1,2}	6,4 kNm

Σm	M _{B2,net}	14,1 kNm
----	---------------------	----------

$\gamma_{\text{nat}} \cdot d$	G _{nat}	39,6 kN/m ²
$G_{\text{nat}} \cdot \gamma_{\text{correctie}}$	G _N	13,1 kN/m ²

$G_N \cdot d \cdot 0,5 \cdot \gamma_{\text{c}}$	F _{B1,d}	3,6 kN
$1/3 \cdot d$	a ₁	0,37 m
$F_{B1,d} \cdot a_1$	M _{B1,1}	1,4 kNm

$G_N \cdot d \cdot 0,5 \cdot \gamma_{\text{c}} \cdot \gamma_{\text{c,correctie}}$	F _{B1,d}	3,6 kN
$0,5 \cdot h$	a ₁	0,55 m
$F_{B1,d} \cdot a_1$	M _{B1,2}	2,1 kNm

EF	F _{B2,net,d}	7,5 kN
EF	M _{B2,net}	3,6 kNm

ΣG	G _{B2,net}	25,0
$\arctan(\tan \phi_{\text{nat}} / \gamma_{\text{B}})$	ϕ'_1 [°]	21,5
$2/3 \cdot \phi \cdot d$	ϕ'_2 [°]	14,35
$G_{B2,net} \cdot \tan(\phi'_1 + \phi'_2 / \gamma_{\text{c}} \cdot \gamma_{\text{B}})$	F _{B2,d}	10,6 kN

effectieve breedte		
$M_{ed, net} / G_{d, totaal}$	x	0,14 m
$2 \cdot ((M_{ed, net} / G_{d, totaal}) \cdot x)$	b'	0,84 m

Kantelstabiliteit		
$M_{B2} > M_{B2,net}$	Voldoet	22%

Kantelstabiliteit		
$M_{Bd.1} > M_{Bd.2}$	Voltoet	28%

Afschuiven		
------------	--	--

$F_{B2,d} > F_{B2,net,d}$	Voltoet	71%
---------------------------	---------	-----

Effective breedte	
$b' > 1/3 \cdot b$	Voltoet



Boorsma
adviseurs & ingenieurs

University of
Applied Sciences

Windesheim



Gerben Sondermanstraat 2
9203 PV Drachten

Postbus 647
9200 AP Drachten

T +31 (0) 88 0188 300
E drachten@boorsma.com

Hardwareweg 34
3821 BM Amersfoort

Postbus 2505
3800 GB Amersfoort

T +31 (0) 88 0188 360
E amersfoort@boorsma.com

Het Spijk 18C
8321 WT Urk

T +31 (0) 88 0188 380
E urk@boorsma.com

W www.boorsma.com



NL INGENIEURS

Alle opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de "De Nieuwe Regeling 2011 (DNR 2011) - Rechtsverhouding opdrachtgever - architect, ingenieur en adviseur", gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam, met dien verstande dat aan ons de vrijheid voorbehouden blijft om een geschil in afwijking van de DNR 2011 in eerste instantie voor te leggen aan de gewone rechter, bevoegd ter plaatse van onze hoofdvestiging. De DNR 2011 ligt ter inzage ten kantore van Boorsma B.V.