



Protocol monitoring proeftuin wegfunderingen

Rapport SGS INTRON B.V.

Status: Eindrapport
Datum: 24 september 2024
Documentnummer: A144830/R20231279

WHEN YOU NEED TO BE SURE

SGS

Colofon

Opdrachtgever:

BouwCirculair B.V.
t.a.v. de heer D. de Kok
Postbus 33
3950 AA MAARN

Offerte:

A144830/O20231163

Inkooporder:

Proeftuin wegfunderingen

Email adres:

ddkok@bouwcirculair.nl

Datum:

2 maart 2023

Datum:

24 mei 2023

Opdrachtnemer:

SGS INTRON B.V.

Telefoonnummer:

+31882145206

Mobiel nummer:

+31621370411

Contactpersoon:

Steffen Grünewald

Email adres:

steffen.grunewald@sgs.com

Auteur:

dr.ir. G.J.L. van der Wegen
dr. S. Grünewald

Handtekening:



Autorisator:

dr. U. Hofstra

Handtekening:



Datum:

15 juni 2023

24 september 2024

Reden van wijziging:

Verwerken opmerkingen & hoofdstuk 2.4.5.

Disclaimer

Tenzij anders overeengekomen worden de opdrachten uitgevoerd op basis van de meest recente versie van de algemene voorwaarden van SGS INTRON B.V. Op eenvoudig verzoek worden deze voorwaarden opnieuw aan u toegezonden. Uw aandacht wordt gevraagd voor de beperking van aansprakelijkheid en de vergoedings- en bevoegdheidskwesties bepaald door deze voorwaarden. Elke houder van dit document dient te weten dat de informatie vervaardigd in dit document uitsluitend is gebaseerd op de bevindingen van SGS INTRON B.V. op het ogenblik van haar tussenkomst en binnen de grenzen van de eventuele instructies van de opdrachtgever. SGS INTRON B.V. kan enkel aansprakelijk zijn jegens haar opdrachtgever. Dit document stelt de bij een handelstransactie betrokken partijen niet vrij van hun plicht al hun rechten en verplichtingen uit te oefenen voortvloeiend uit de bij die transactie betrokken documenten. Elke niet toegestane wijziging, evenals de namaak of vervalsing van de inhoud of het uiterlijk van dit document, is onrechtmatig en overtreders zullen worden vervolgd.

© SGS INTRON B.V.

Inhoudsopgave

Colofon.....	2
1. Inleiding	4
1.1. BouwCirculair Proeftuin alternatieve wegfunderingen.....	4
1.2. Opdracht SGS INTRON.....	4
2. Protocol	4
2.1. Aanmelding.....	4
2.2. Algemene projectgegevens	5
2.3. Kaders proeftuin ‘Alternatieve wegfunderingen’	5
2.4. Uit te voeren metingen.....	5
2.4.1. Algemeen.....	6
2.4.2. Traditioneel en innovatief menggranulaat	6
2.4.3. Ondergrond proefvak.....	6
2.4.4. Funderingslaag met traditioneel en innovatief menggranulaat.....	7
2.4.5. Meting hoogteprofiel van de aangelegde weg.....	7
Bijlage A. Minimaal te beoordelen prestaties	9
Bijlage B. Technology readiness level.....	10
Bijlage C. Voorbeeld registratieformulier ondergrond	12
Bijlage D. Voorbeeld registratieformulier funderingslaag	13

1. Inleiding

1.1. BouwCirculair Proeftuin alternatieve wegfunderingen

BouwCirculair heeft het initiatief genomen voor een proeftuin met alternatieve wegfunderingen waarin beduidend minder betongranulaat aanwezig is dan momenteel gebruikelijk in menggranulaat volgens BRL 2506-1. Het doel hiervan is om meer betongranulaat beschikbaar te krijgen voor toepassing als toeslagmateriaal in nieuw beton (ambitie Betonakkoord) en gelijktijdig de kwaliteit van het funderingsmateriaal op voldoende niveau te houden. De uitvoering en monitoring van de proeftuin 'Circulariteit en wegfundering' moet hier inzicht in geven.

De werkwijze van BouwCirculair proeftuinen is gebaseerd op het aandragen van projecten door opdrachtgevers. Bij ieder project wordt een deel traditioneel aangelegd en een deel met het innovatieve alternatief. De innovatie dient ten minste op het TRL niveau 7 te zijn ontwikkeld.

Bij de uitvoering van het proeftuinproject wordt de opdrachtgever/aannemer gevraagd om de gegevens volgens een vastgesteld protocol aan te leveren. Door SGS INTRON wordt van de aangeleverde gegevens per proeftuinproject een analyserapportage opgesteld, waarin wordt nagegaan of de vooraf opgegeven prestaties en doelstellingen zijn gerealiseerd.

BouwCirculair clustert de projecten behorende bij betreffende proeftuin. Wanneer voldoende data (analyse-rapportages van individuele proefprojecten) beschikbaar zijn, wordt door SGS INTRON een clusterrapportage verzorgd waarin een uitspraak wordt gedaan of de innovatie voldoet aan de verwachte prestaties en daarmee aan de doelstelling van de betreffende proeftuin.

1.2. Opdracht SGS INTRON

BouwCirculair heeft SGS INTRON opdracht gegeven om de volgende werkzaamheden uit te voeren:

- Opstellen van een gedetailleerd monitoringsprotocol inclusief standaard formats voor registratie/-rapportage. In dit protocol is ook vastgelegd welke metingen door of namens de aannemer moeten worden uitgevoerd en tevens de wijze waarop en in welke fase.
- Analyseren en rapporteren van door de deelnemers aangeleverde informatie en meetgegevens per project.
- Evalueren van alle rapporten opgesteld voor deze proeftuin met toetsing aan de doelstelling van het onderzoek: tot welk percentage kan het gehalte betongranulaat in menggranulaat worden verlaagd, waarbij de prestatie van de fundering nog steeds van vereiste kwaliteit is.

Dit rapport betreft het uitgewerkte protocol voor de proeftuin 'Alternatieve wegfunderingen'. Bij deze uitwerking is gebruik gemaakt van het document 'Protocol monitoring Proeftuinprojecten' (versie 2.1, d.d. 27-09-2021), opgesteld door SKG-IKOB in opdracht van BouwCirculair.

2. Protocol

2.1. Aanmelding

Een project voor een bepaalde proeftuin dient te worden aangemeld bij BouwCirculair, die de stroomgang van documenten regelt met de online Projectenmodule (<https://projectenmodule.nl>).

2.2. Algemene projectgegevens

De volgende algemene gegevens van het betreffende project dienen te worden aangeleverd:

- Naam van de proeftuin
- Gegevens opdrachtgever
- Gegevens betrokken partijen (aannemer en leveranciers)
- Omschrijving van het project (innovatie en traditionele uitvoering)
- Het bestek van het project
- Omvang van het project [m³, m², ton] van de traditionele en de innovatieve oplossing
- Vereiste prestaties zoals door de opdrachtgever zijn vastgelegd (producteigenschappen, procesprestaties ten behoeve van het beoogd gebruik, incl. wijze van vaststelling). Met minimaal de volgende prestaties (zie bijlage A over prestaties):
 - Veiligheid
 - Levensduur
 - Circulariteit/hergebruik
 - MKI-waarde
 - Gezondheid
- Milieu impact van de traditionele en alternatieve oplossing door middel van een LCA volgens de SBK Bepalingsmethode 'Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken'
- Mate van circulariteit volgens de R-ladder - Planbureau voor de Leefomgeving
- TRL-niveau van de innovatieve oplossing (zie bijlage B)
- Planning uitvoering Proeftuinproject (start- en einddatum)

2.3. Kaders proeftuin 'Alternatieve wegfunderingen'

Met het oog op de doelstelling van deze proeftuin, het in de praktijk nagaan of het gehalte aan betongranulaat in menggranulaat voor wegfunderingen kan worden verlaagd naar 35 %m/m met behoud van voldoende kwaliteit van de wegfundering, dienen de projecten in deze proeftuin aan een aantal kaders te voldoen:

1. In het project dient zowel traditioneel menggranulaat met een gehalte betongranulaat van 60-70 %m/m (referentie) als menggranulaat met een gehalte betongranulaat van ca. 35 %m/m (innovatief alternatief) als wegfundering te worden aangebracht.
2. Een minimale weglengte van beide type funderingsmateriaal van 200 meter.
3. Verschillende verkeersbelastingen (op clusterniveau):
 - a. Fietspad met betontegels of asfalt (hoge intensiteit gebruik, maar licht belast)
 - b. Binnen bebouwde kom (50 km/u) met frequent vrachtverkeer
 - c. Buiten bebouwde kom (80 km/u) met frequent vrachtverkeer

Bij voorkeur dient de verkeersintensiteit en -belasting van betreffende wegconstructie bekend te zijn of semikwantitatief te worden beschreven.
4. Realisatie conform Standaard RAW Bepalingen 2020 of gelijkwaardig daaraan. Uiteraard met uitzondering van het gehalte betongranulaat in het innovatieve menggranulaatmengsel.
5. Meetgegevens zoals genoemd in paragraaf 2.4 worden door de opdrachtgever/aannemer op een overzichtelijke wijze aangeleverd ten behoeve van een analyserapport van het betreffende project.

2.4. Uit te voeren metingen

Ten behoeve van het analyserapport dienen metingen te worden uitgevoerd en aanvullende gegevens te worden aangeleverd door de opdrachtgever/aannemer. Deze zijn hieronder nader aangegeven. Deze dienen in het kwaliteitsplan voor het betreffende project te worden opgenomen.

2.4.1. Algemeen

De weersomstandigheden (temperatuur, vochtigheid, neerslag, wind) tijdens de uitvoering van beide proefvakken menggranulaat dienen door de aannemer te worden vastgelegd. Dit geldt ook voor alle bijzondere waarnemingen en gebeurtenissen tijdens de uitvoering.

2.4.2. Traditioneel en innovatief menggranulaat

Zowel het traditionele als het innovatieve menggranulaat moet voldoen aan de eisen gesteld in BRL 2506-1 (tabel B.1 in bijlage B van BRL 2506-1), met uitzondering van het gehalte betongranulaat in het innovatieve menggranulaat.

Daartoe dienen door de toeleverancier ten minste de volgende eigenschappen van beide toe te passen partijen menggranulaat te worden bepaald:

- Korrelverdeling conform NEN-EN 933-1
- Samenstelling conform NEN-EN 933-11 of proef 35 van RAW 2020
- Vlakheidsindex conform NEN-EN 933-3
- CBR direct na bereiding en op 28 dagen ouderdom conform NEN-EN 14227-2 annex D
- Los Angeles-coëfficiënt conform NEN-EN 1097-2

Aanvullend dienen ten minste de volgende eigenschappen aan beide partijen menggranulaat te worden bepaald:

- Eénpuntsproctordichtheid conform proef 10 RAW 2020
- Korreldichtheid en waterabsorptie conform NEN-EN 1097-6
- Uitloging (kolomproef) conform NEN 7383

Van het toegepaste traditionele menggranulaat dient een CE-prestatieverklaring met Declaration of Performance (DoP) en een KOMO-certificaat te worden aangeleverd.

Tevens dient een afleverbon per levering aan het betreffende project te worden afgegeven, zowel voor het traditionele als het innovatieve menggranulaat.

2.4.3. Ondergrond proefvak

De ondergrond waarop het menggranulaat als funderingsmateriaal zal worden aangebracht dient door de aannemer te worden beoordeeld op de volgende aspecten:

1. Draagkracht van de ondergrond, gemeten met de Light Weight Deflectometer (LWD). Bij voorkeur bij een opgewekt spanningsniveau van 100-200 kPa en een voetplaatdiameter van 300 mm. Aantal metingen minimaal 40 per proefvak van elk menggranulaat, gelijkmatig verdeeld over het oppervlak.
2. Vlakheid: de ondergrond dient voldoende vlak te zijn. Dit mag visueel worden beoordeeld. Bij twijfel de vlakheid meten met een rei van 3 m. *Toelichting: De referentie voor vlakheid is de volgende: bij een rij van 3 m moet de vrije opening tussen rij en ondergrond kleiner zijn dan de maximale (nominale) korreldiameter van het toegepaste menggranulaat.*
3. Beschrijving van de ondergrond: type materiaal, mate van verdichting (nucleaire methode van RAW 2020) en indicatief de vochtsituatie (wegen van monsters, drogen bij 105°C/24 h en wegen van het gedroogde monster).
4. Inhomogeniteiten: visuele beoordeling (beoordelen op verontreinigingen zoals organisch materiaal of niet-natuurlijke granulaten). Indien inhomogeniteiten worden waargenomen, dienen LWD-metingen ter plaatse worden uitgevoerd.

De meetlocaties dienen te worden ingetekend in een schematische plattegrond van betreffend proefvak, waarbij de (x,y) coördinaten ten opzichte van een referentiepunt zijn aangegeven. In bijlage C is een voorbeeld van een registratieformulier gegeven.

2.4.4. Funderingslaag met traditioneel en innovatief menggranulaat

De beide funderingslagen dienen te worden aangebracht in overeenstemming met paragraaf 80.12 van Standaard RAW Bepalingen 2020. De wijze van spreiding en verdichting van het menggranulaat dient te worden aangegeven, evenals het vochtgehalte van het menggranulaat tijdens verdichten.

Na verdichting dienen door de aannemer de volgende metingen te worden uitgevoerd op de aangebrachte funderingslaag:

1. Laagdikte

Deze kan worden bepaald uit hoogtemetingen van de ondergrond en de funderingslaag. Op ten minste 10 plaatsen gelijkmatig verdeeld over elk proefvak dient de laagdikte tevens te worden bepaald door het graven van een gat in de fundering tot aan de ondergrond.

De gemiddelde laagdikte voor het elk proefvak kan worden berekend uit de aangebrachte hoeveelheid menggranulaat, het oppervlak van het proefvak en de volumieke massa van het verdichte materiaal.

2. Vlakheid

De vlakheid van de verdichte funderingslaag dient te worden gecontroleerd met een (registrerende) rei of gelijkwaardige methode op ten minste 10 plaatsen die visueel beoordeeld daar de meeste aanleiding toe geven.

3. Verdichtingsgraad

Deze dient te worden bepaald volgens proef 7 (grindvervangingsmethode) en/of proef 8 (nucleaire methode) van RAW 2020. Van elk proefvak dienen ten minste 10 metingen te worden uitgevoerd.

4. Draagkracht

De draagkracht van de funderingslaag dient te worden bepaald met de Light Weight Deflectometer (LWD). Bij voorkeur bij een opgewekt spanningsniveau van 100-200 kPa en een voetplaatdiameter van 300 mm. Het aantal metingen dient minimaal 40 per proefvak van elk menggranulaat te zijn, gelijkmatig verdeeld over het oppervlak.

De meetlocaties dienen te worden ingetekend in een schematische plattegrond van betreffend proefvak, waarbij de (x,y) coördinaten ten opzichte van een referentiepunt zijn aangegeven. In bijlage D is een voorbeeld van een registratieformulier gegeven.

2.4.5. Meting hoogteprofiel van de aangelegde weg

De hiervoor aangegeven metingen hebben betrekking tot de eigenschappen op het moment van produceren van de weg. De proefwegen (referentie en alternatief) worden verder beoordeeld (na productie en na 1 jaar) naar mogelijk optredende vervormingen door het gebruik van de weg. Tabel 1 omschrijft de te bepalen eigenschappen met betrekking tot het bepalen van vervormingen van de weg.

Tabel 1. Monitoring en documentatie van vervormingen van de weg (direct na productie en 1 jaar na productie).

Direct na productie Aspect	1 jaar na productie Aspect
Visuele beoordeling (algemeen, bijzonderheden, afwijkingen)	Visuele beoordeling (algemeen, bijzonderheden, afwijkingen)
Maken van opnames van de weg (referentie en alternatief) Ten minste 30 opnames van volledig proefvak en delen/oppervlak	Maken van opnames van de weg (referentie en alternatief) Ten minste 30 opnames van volledig proefvak en delen/oppervlak; <u>zijn er verschillen ten opzichte van de beoordeling na productie?</u>
Hoogtemetingen uitvoeren (afstand van meetpunten: 1 m (in lengterichting), 0,3 m (in breedterichting)) <ul style="list-style-type: none"> • 1 meting in lengterichting proefvlak (ten minste 2/3 van de totale lengte), coördinaten van de meetlocatie vastleggen. • 1 meting in breedterichting proefvlak (ten minste 90 % van de totale breedte), coördinaten van de meetlocatie vastleggen. 	Hoogtemetingen uitvoeren (afstand van meetpunten: 1 m (in lengterichting), 0,3 m (in breedterichting)); één van de metingen uitvoeren op dezelfde locatie als meting direct na productie, metingen parallel aan elkaar uitvoeren. <ul style="list-style-type: none"> • 2 metingen in lengterichting proefvlak (ten minste 2/3 van de totale lengte), coördinaten van de meetlocatie vastleggen. • 2 metingen in breedterichting proefvlak (ten minste 90 % van de totale breedte), coördinaten van de meetlocatie vastleggen.

Bijlage A. Minimaal te beoordelen prestaties

De beoogde toepassing is bepalend welke geclaimde prestaties moeten worden beoordeeld. Naast de functionele prestaties die horen bij de toepassing dienen in elk geval de volgende prestaties te zijn beschouwd:

1. Veiligheid

De indiener dient aan te tonen dat een veiligheidsanalyse is uitgevoerd.

2. Levensduur

De indiener dient aan te geven of de claim de functionele dan wel de technische levensduur betreft.

Toelichting: bedoeld wordt een onderbouwing van de relevante functionele parameters ten aanzien van het behalen van de beoogde levensduur in de specifieke toepassing.

3. Circulariteit/hergebruik

De indiener dient aan te geven wat de prestaties zijn met betrekking tot (hoogwaardig) hergebruik op twee vlakken:

1. Welke secundaire materialen worden gebruikt in het materiaal en wat is daarvan de herkomst?
2. Zorgen de toegepaste materialen aan het einde van de levensduur van de constructie niet voor problemen bij het hergebruik:
 - a. kan het end-of-life (EOL) materiaal zonder extra maatregelen hoogwaardig worden hergebruikt in soortgelijk materiaal?
 - b. kunnen de materialen uit het EOL-materiaal zonder extra maatregelen in andere grondstoffenstromen worden hergebruikt?

4. MKI-waarde

De indiener dient een gevalideerde MKI-waarde van het product op te geven, en dient berekend te zijn volgens de NMD Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken. Hierbij worden alle fasen A t/m D meegenomen met daarbij het onderscheid in de verschillende (sub) fasen.

5. Gezondheid

Beschermingsmaatregelen die afwijken van de gangbare manier van werken dienen expliciet te worden vermeld in de verwerkingsprocedure.

Bijlage B. Technology readiness level

Een Technology Readiness Level (TRL) geeft op eenduidige wijze aan in welk stadium van ontwikkeling een innovatie is.

Hierdoor wordt niet alleen inzichtelijk waar de innovatie zich in de ontwikkeling bevindt, maar kan ook een inschatting worden gemaakt van de vervolgstappen en de daaraan verbonden inspanning. Hoe hoger het TRL-niveau hoe meer een innovatie zich technisch en functioneel al heeft bewezen en dus hoe sneller deze innovatie technisch gezien (grootschalig) toepasbaar is. Hoeveel tijd en moeite het kost om de fase naar het volgende niveau te doorlopen is per innovatie zeer verschillend maar de structuur van de TRL is steeds dezelfde.

De 9 levels/niveaus:

TRL-niveau 1

Het innovatieve idee en de basisprincipes zijn onderzocht. Denk hierbij aan fundamenteel onderzoek en deskresearch.

TRL-niveau 2

Wanneer de basisprincipes zijn onderzocht, kunnen het technologisch concept en de praktische toepassing- en worden geformuleerd. In deze fase vindt experimentele en/of analytische studie plaats.

TRL-niveau 3

De toepasbaarheid van het concept is op experimentele basis onderzocht (experimenteel proof of concept). Hypotheses over verschillende componenten van het concept zijn getoetst en gevalideerd.

TRL-niveau 4

Proof of concept is op labschaal getest: design, ontwikkeling en het testen van technologische componenten vinden plaats in een labomgeving. Technische basiscomponenten zijn geïntegreerd met elkaar om de werking te garanderen. Een prototype dat in deze fase wordt ontwikkeld, kost relatief weinig geld en tijd om te ontwikkelen en is daarmee nog ver verwijderd van een definitief product, proces of dienst.

TRL-niveau 5

De werking van het technologisch concept is onderzocht in een relevante omgeving (validatie in pilot). Dit is de eerste stap van demonstratie van de technologie. Een prototype dat in deze fase wordt ontwikkeld kost relatief veel tijd en geld om te ontwikkelen en is niet ver verwijderd van het uiteindelijke product of systeem. Functionaliteiten en de eerste look & feel van een product, proces of dienst zijn hier veelal aanwezig.

TRL-niveau 6*

De demonstratie van het concept in een relevante omgeving is actueel. Het vindt plaats na de technische validatie in een relevante (pilot) omgeving. Een prototype is uitgebreid getest en gedemonstreerd in een testopstelling, die lijkt op een operationele omgeving (pilot plant bijvoorbeeld). Het concept geeft inzicht in de werking van alle componenten tezamen in deze relevante pilot omgeving.

** In principe worden alleen innovaties met TRL niveaus 7-9 als Proeftuin project opgestart.*

Indien de innovatie in TRL-niveau 6 is ingedeeld, dienen de bepalingen van Bijlage E in het document 'Protocol monitoring Proeftuinprojecten' (versie 2.1, d.d. 27-09-2021) te worden gevolgd.

TRL-niveau 7

De demonstratie van het concept vindt plaats in een gebruikersomgeving om de werking in een operationele omgeving te bewijzen. Deze demonstratie van het concept in een praktijkomgeving levert nieuwe inzichten op voor de definitieve markttoepassing van een product, proces of dienst.

TRL-niveau 8

In deze fase vindt het concept zijn definitieve vorm. De technologische werking is getest en bewezen en voldoet aan gestelde verwachtingen, kwalificaties en normen (certificering).

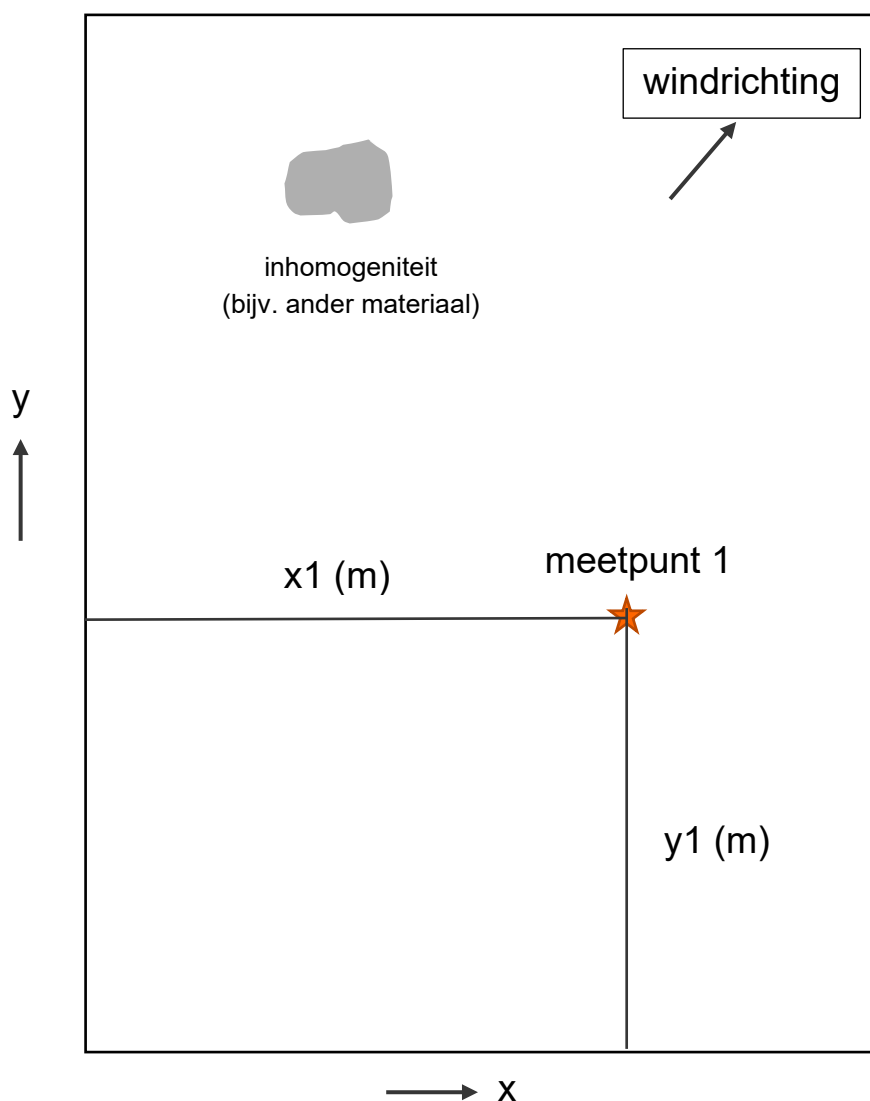
TRL-niveau 9

Het concept is technisch en commercieel gereed, het is productierijp en klaar voor lancering in de gewenste marktomgeving. Nu het totale ontwikkelingsproces is afgerond, is de volgende stap het commercieel wegzetten van een product bij de gewenste doelgroep in de juiste markt.

Bijlage C. Voorbeeld registratieformulier ondergrond

Meetpunt	Coördinaten	Oppervlaktewidths (Evd in MPa)
1	(x1,y1)	
2	(x2,y2)	
3		
.		
.		
39	(x39,y39)	
40	(x40,y40)	
Gemiddelde waarde		
Standaard afwijking		

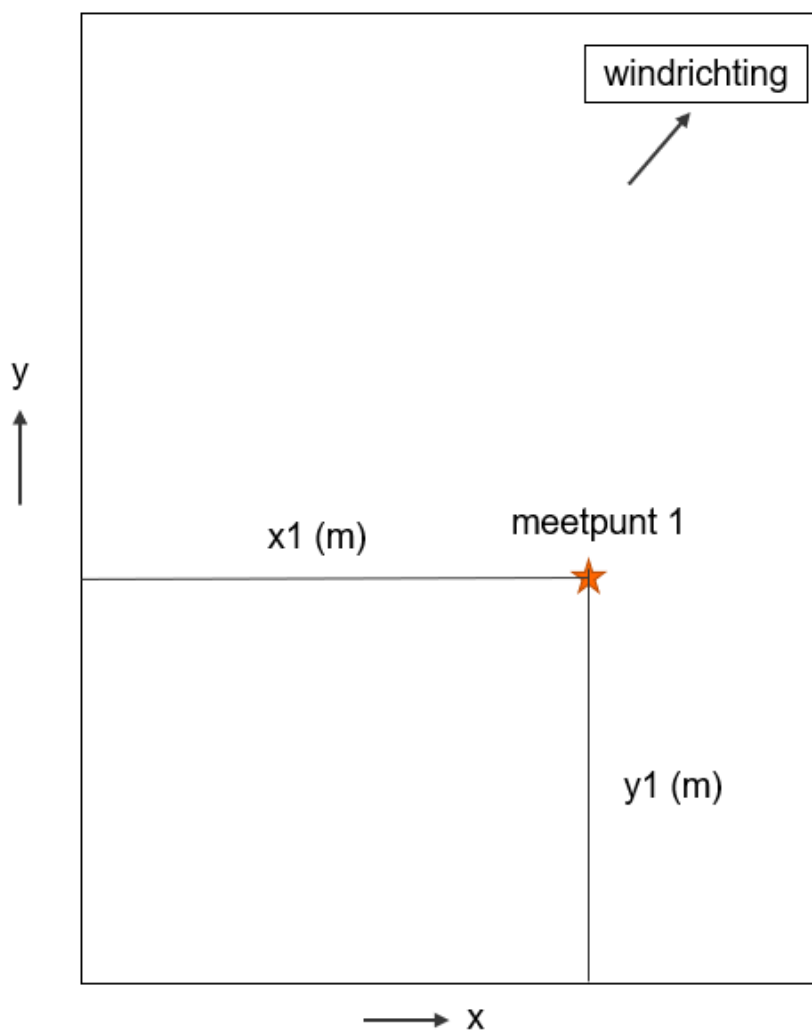
Schets proefvak



Bijlage D. Voorbeeld registratieformulier funderingslaag

Meetpunt	Coördinaten	Laagdikte (cm)	Vlakheid (mm)	Verdichtingsgraad (%)	Oppervlaktemoduli (Evd in MPa)
1	(x1,y1)				
2	(x2,y2)				
3					
.					
.					
39	(x39,y39)				
40	(x40,y40)				
Gemiddelde waarde					
Standaard afwijking					
Minimum waarde					
Maximum waarde					

Schets proefvak





WWW.SGS.COM/INTRON

OVER SGS

Wij zijn SGS - 's werelds grootste test-, inspectie- en certificeringsbedrijf. Wij worden erkend als de wereldwijde benchmark voor duurzaamheid, kwaliteit en integriteit. Onze 97.000 medewerkers opereren in een netwerk van 2.650 kantoren en laboratoria en werken samen aan een betere, veiligere en meer verbonden wereld.

SGS INTRON B.V.

**Dr. Nolenslaan 126
P.O. Box 5187**

NL-6130 PD Sittard
+31 (0)88 214 52 04

SGS INTRON B.V.

**Venusstraat 2
P.O. Box 267**

NL-4100 AG Culemborg
+31 (0)88 214 51 00

SGS NETHERLANDS

**Malledijk 18
P.O. Box 200**

NL-3200 AE Spijkenisse
+31 (0)88 214 33 33

SGS BELGIUM

**SGS House
Noorderlaan 87**

B-2030 Antwerpen
+32 (0)3 545 44 00