

4



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Praktijkgids

Behandeling van grond
voor funderingen
onder bedrijfsvloeren



Aanvulling op Handleiding A 81/10



Inhoud

1. Inleiding	3
1.1 Doel van de praktijkgids	3
1.2 Ontwerpdikteberekening van bedrijfsvloeren en beddingconstante volgens Westergaard	3
1.3 Grondmechanisch onderzoek	4
1.4 Toepassingsgebied	4
2. Keuze van het te bereiken prestatieniveau van de fundering	7
2.1 Beproeving van onbehandelde grond	7
3. Representatieve monsterneming	8
4. Bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen	9
5. Onderzoek van de monsters	10
6. Vooronderzoek naar het mengselontwerp	13
6.1 Behandeling met kalk	13
6.2 Behandeling met HBW of cement	15
7. Uitvoering	18
7.1 Behandeling	18
7.2 Verdichten	20
7.3 Beschermen	21
7.4 Berijdbaarheid en bescherming tegen het verkeer	21
7.5 Weersomstandigheden	22
7.6 Opslag van behandelde grond	22

8. Controles	23
8.1 Oorspronkelijke beddingconstante volgens Westergaard	23
8.2 Keuring van het toegepaste product	23
8.3 Controle op de uitvoering	23
8.4 Controle bij de oplevering	24
8.5 Proefvak	24
Bijlage 1	
Geschiktheid van de verschillende behandelingsmiddelen als functie van de grondsoort	25
Normen	26
Literatuur	28

Voorafgaande opmerkingen

Deze praktijkgids stelt grondbeginselen en een praktische aanpak voor grondbehandeling voor. De gids vervangt echter niet de geldende normen en standaardbestekken.

[N1], [R1], enz. in de linkermarge zijn verwijzingen naar de volledige titels van normen en naslagwerken die achteraan in deze gids (blz. 26-28) staan vermeld.

1 Inleiding

1.1 Doel van de praktijkgids

Als alternatief voor de klassieke vervanging door een korrelvormig materiaal wil deze praktijkgids voor toepassingen onder bedrijfsvloeren de behandeling van grond met bindmiddelen aanmoedigen.

De grondbehandeling heeft tot doel de beoogde beddingconstante volgens Westergaard te bereiken. Deze waarde wordt opgelegd in het bijzonder bestek en is nooit lager dan 30 MPa/m.

We onderscheiden twee behandelingswijzen: een voor gewone funderingen en een voor hoog presterende funderingen.

Deze praktijkgids stelt een operationele aanpak voor de behandeling van grond voor toepassingen onder bedrijfsvloeren voor. Aan de hand van blokschema's kan daarbij gemakkelijk worden uitgemaakt of grondbehandeling in een gegeven geval zin heeft.

We behandelen slechts de toepassing van genormaliseerde behandelingsmiddelen: kalk, cement en hydraulische bindmiddelen voor de wegenbouw (HBW).

De gids vormt een aanvulling op het theoretische naslagwerk A81/10 *Handleiding voor*

[R1] *grondbehandeling met kalk en/of hydraulische bindmiddelen*, dat de nodige basisinformatie bevat om deze gids te begrijpen:

- een beschrijving van de verschillende grondsoorten en de kenmerken ervan, met een overzicht van de laboratoriumproeven die moeten worden uitgevoerd om het nut van behandeling te beoordelen en de toe te passen doseringen te bepalen;
- een beschrijving van de verschillende behandelingsmiddelen en de effecten ervan op grond;
- een beschrijving van de organisatie op de bouwplaats, met een overzicht van het beschikbare materieel voor grondbehandeling.



Deze praktijkgids doet geen uitspraak over de milieuhygiënische kwaliteit van te behandelen grond en gaat ervan uit dat de grond die men overweegt te behandelen, voldoet aan de milieuwetgeving die voor de beoogde toepassing geldt.

1.2 Ontwerpdikteberekening van bedrijfsvloeren en beddingconstante volgens Westergaard

De ontwerpdikteberekening van bedrijfsvloerplaten steunt traditioneel op de stijfheid van de grond.

[N16] Deze stijfheidsmodulus of beddingconstante (K_w) wordt bepaald met de plaat van Westergaard.

Hoewel de plaatbelastingsproef volgens Westergaard en de in België gangbare wegenproef op [R4] hetzelfde principe steunen, kan de samendrukbaarheidsmodulus ME van de wegenproef niet voor bedrijfsvloeren worden toegepast. De plaat van Westergaard heeft namelijk andere afmetingen (diameter: 762 mm) en ook de amplitude van de uitgeoefende drukkracht (70 kPa) verschilt ten opzichte van de wegenproef.

Het principe voor de ontwerpdikteberekening wordt beschreven in de toekomstige Technische [R2] Voorlichting (TV) *Dimensionering van bedrijfsvloeren op volle grond* van het Wetenschappelijke en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB).

[R3] Deze gids is een aanvulling op TV 204 en beschrijft enkel de behandeling van de ondergrond, in het bijzonder de uitvoeringsomstandigheden.

1.3 Grondmechanisch onderzoek

Om de kenmerken of parameters van de ondergrond te bepalen, dient grondmechanisch onderzoek te worden verricht. Dit onderzoek moet niet alleen de grondmechanische kenmerken bepalen aan het oppervlak, maar ook **tot op de juiste diepte voor de berekening van de onderbouw en de bedrijfsvloerplaat**.

Een grondmechanisch onderzoek omvat laboratorium- en terreinproeven (boringen, druk- en dieptesonderingen). De omvang van de proeven hangt af van de grondsoort en de optredende belastingen op de bedrijfsvloer.

Ze wordt verricht in het kader van de ontwerpberekening van het bedrijfsgebouw en van de keuze van het funderingssysteem (ondiepe of diepe funderingen).

Plaatbelastingsproeven mogen niet als onderkenningsproeven op grond worden beschouwd. Ze zijn voornamelijk bedoeld om de prestaties van de fundering of de laag onder de bedrijfsvloer na te gaan.

1.4 Toepassingsgebied

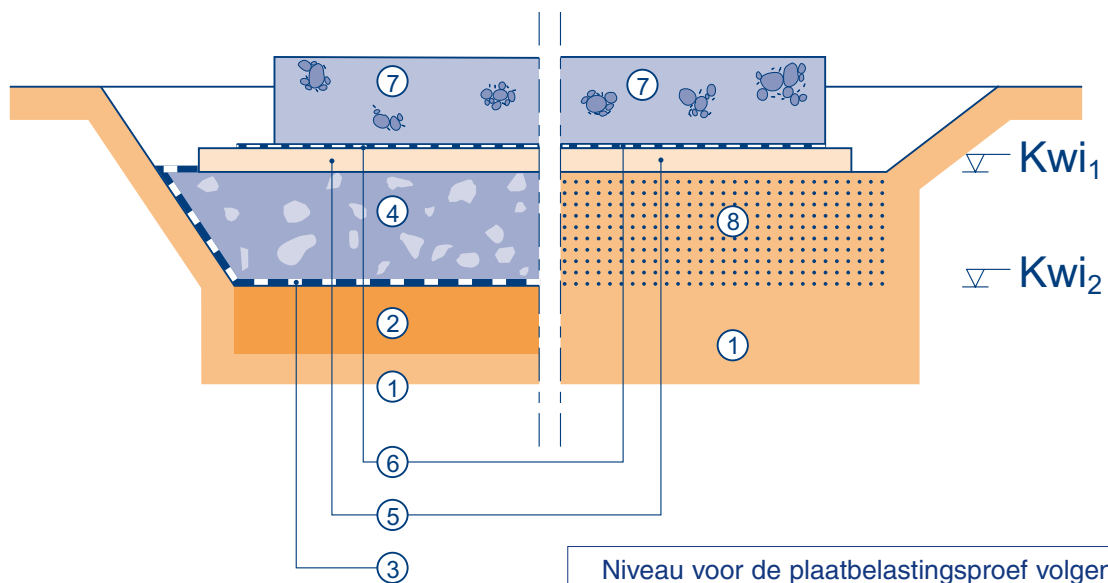
Deze praktijkgids handelt uitsluitend over de voorbereiding van grond voor toepassing onder **binnenbedrijfsvloeren die niet aan weersinvloeden worden blootgesteld**. Aspecten van grondbehandeling in verband met vorst of drainage worden dus niet beschreven.

Voor andere toepassingen verwijzen we naar praktijkgids 2 *Stabilisatie van grond voor* [R5] *onderfunderingslagen*.

Vergelijkende schets tussen
een klassieke fundering en een fundering van behandelde grond

Klassieke fundering:
aangevoerd korrelvormig materiaal

Op het werk of in een installatie
behandelde grond



Niveau voor de plaatbelastingsproef volgens
Westergaard op onbehandelde grond

K_{wi1} : grondbehandeling op het werk zelf
 K_{wi2} : grondbehandeling in een installatie

- 1 natuurlijke ondergrond
- 2 baanbed (verdichte natuurlijke ondergrond)
- 3 eventueel geotextiel
- 4 fundering van korrelvormig materiaal

- 5 scheidings- of egalisielaag
- 6 hechtlaag
- 7 bedrijfsvloerplaat
- 8 behandelde grond

De verschillende fasen bij het behandelen van grond voor toepassing onder bedrijfsvloeren zijn:

vóór de uitvoering:

- keuze van het te bereiken prestatieniveau (hoofdstuk 2)
- [N16] en bepaling van de oorspronkelijke beddingconstante (onbehandelde grond) met de plaat van Westergaard (Kwi)
- representatieve monsterneming (hoofdstuk 3)
- bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen (hoofdstuk 4)
- onderzoek van de monsters (samengebracht in homogene groepen) door middel van onderkeningsproeven (hoofdstuk 5):
- [N17] - «vereenvoudigde» korrelverdeling:
 - D_{\max} (maximale korrelgrootte)
 - doorval door een zeef van 2 mm
 - doorval door een zeef van 63 μm
- [N1] - natuurlijk watergehalte
- [N3] - methyleenblauwwaarde (MBW) (een onrechtstreekse maat voor het kleigehalte)
- [N2] - gehalte aan organische stoffen (OS), sulfaten, enz.
- Indeling van de materialen en bepaling van de geschiktheid voor behandeling
- vooronderzoek naar het mengselontwerp: bepaling van de optimale hoeveelheid⁽¹⁾ behandelingsmiddel als functie van het te bereiken prestatieniveau (hoofdstuk 6)

tijdens de uitvoering:

- uitvoering: spreiden - mengen - verdichten - opslag (hoofdstuk 7)
- controles (hoofdstuk 8):
 - keuring van het gebruikte behandelingsmiddel
 - controle op de uitvoering
 - controle na de uitvoering (plaatbelastingsproef van Westergaard)

Voor de hiernavolgende blokschema's geldt:

 uit te voeren door een door de opdrachtgever aanvaard laboratorium

 bepaling van de geschiktheid voor behandeling

2 Keuze van het te bereiken prestatieniveau van de fundering

Het algemene principe voor de ontwerpdikteberekening van betonvloerplaten in bedrijfsgebouwen steunt voor de stijfheidsparameters van de ondergrond op de beddingconstante volgens Westergaard. Deze wordt:

- [N16]
- bepaald met de plaatbelastingproef van Westergaard;
 - of geraamd op basis van de parameters uit het grondmechanisch onderzoek.

De aanname die voor de berekening wordt toegepast, dient bij de voorbereiding van de ondergrond vóór de aanbrenging van de bedrijfsvloerplaat te worden geverifieerd.

Het bijzonder bestek legt het te bereiken prestatieniveau van een fundering van behandelde grond op:

- voor een laag presterende fundering⁽²⁾ $K_w = 30$ tot 40 MPa/m
- voor een gewone fundering $K_w = 40$ tot 50 MPa/m
- voor een hoog presterende fundering $K_w > 50$ MPa/m⁽³⁾

2.1 Beproeving van onbehandelde grond

Om de haalbaarheid van een behandeling van de grond na te gaan, wordt met de plaat van Westergaard de oorspronkelijke beddingconstante K_{wi} van de onbehandelde grond bepaald⁽⁴⁾.

Het criterium dat aangeeft of een behandeling van de ondergrond op het werk in één laag voor een gewone of een hoog presterende fundering zin heeft, wordt als volgt uitgedrukt:

Criterion voor grondbehandeling in één laag

$K_{wi} > 30$ MPa/m

[R6] Onder deze drempelwaarde heeft een behandeling van de ondergrond op het werk in één laag geen zin. Er moet dan worden uitgegraven tot een baanbed wordt bereikt dat wel voldoet. Daarna wordt opgehoogd, waarbij elke laag wordt behandeld (zie Praktijkids 3 *Verbetering van grond bij grondwerken en voor het baanbed*). Als geen grondbehandeling mogelijk is, wordt ander materiaal aangevoerd.

Uitzondering: als de oorspronkelijke beddingconstante volgens Westergaard (K_{wi}) tussen 20 en 30 MPa/m bedraagt, is een behandeling van de grond op het werk in één laag wel mogelijk om voor een laag presterende fundering een beddingconstante van ten minste 30 MPa/m te bereiken.

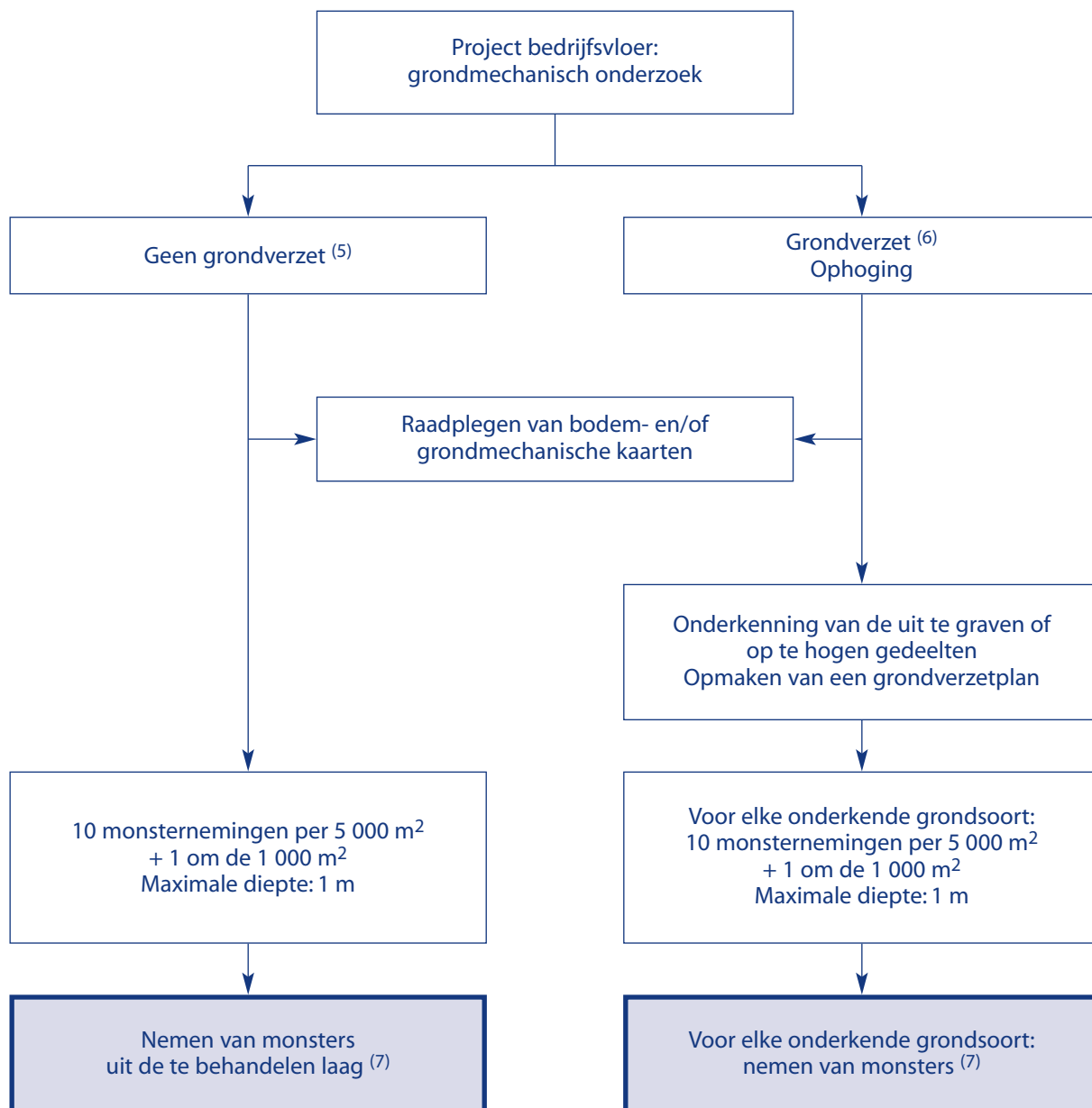
² Een laag presterende fundering moet als een uitzondering worden beschouwd. Zij wijkt af van de voorwaarde voor de oorspronkelijke beddingconstante volgens Westergaard (zie bovenvermelde uitzondering).

³ De beddingconstante voor hoog presterende funderingen bedraagt traditioneel 60 tot 80 MPa/m.

⁴ Voor op het werk te behandelen grond wordt de oorspronkelijke beddingconstante bepaald op het niveau van de uitgegraven grond, aan het oppervlak van de te behandelen laag.

Voor in een installatie te behandelen grond wordt de oorspronkelijke beddingconstante bepaald in het baanbed, onder de te behandelen laag.

3 Representatieve monsterneming



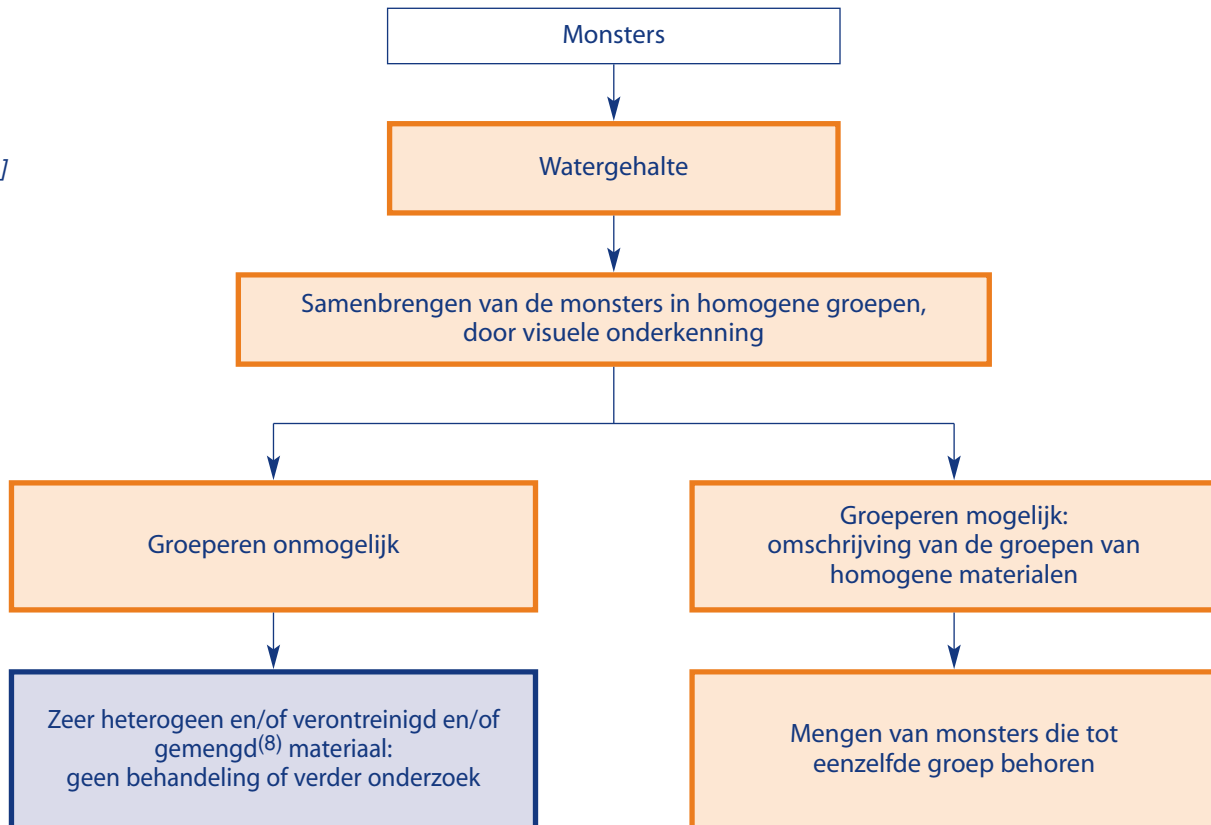
⁵ De laag onder de bedrijfsvloerplaat wordt gemaakt zonder op te hogen.

⁶ Er moet worden uitgegraven en opgehoogd om de bedrijfsvloer aan te leggen.

⁷ Er moeten voldoende monsters worden genomen om de verschillende proeven in het laboratorium (onderkenningproeven en vooronderzoek naar het mengselontwerp) te kunnen uitvoeren. Per grondsoort dient een monster van ten minste 25 kg te worden genomen. In totaal is ten minste 200 kg nodig.

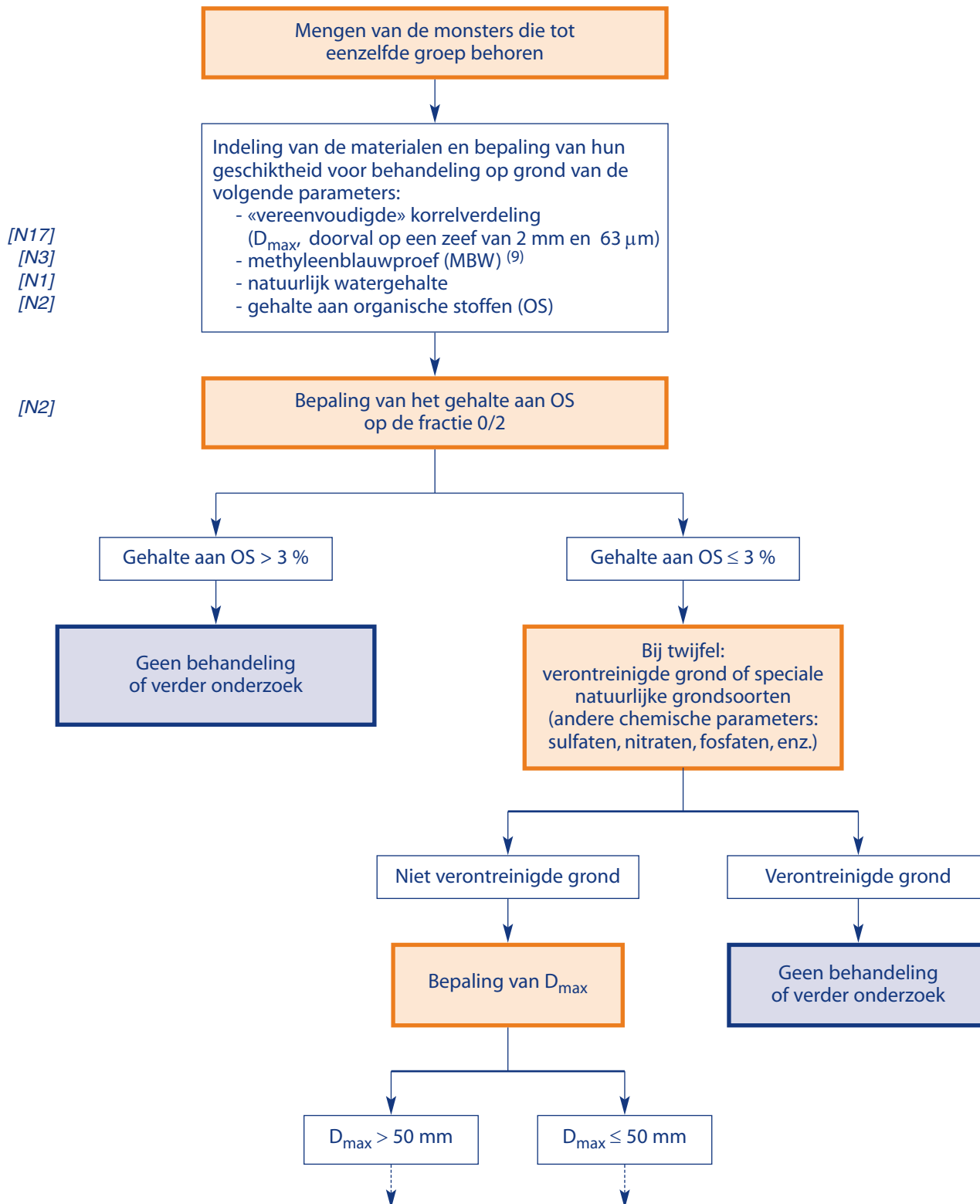
4 Bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen

[N1]



⁸ Gemengd materiaal is een mengsel met materiaal van een andere soort (bijvoorbeeld grind of ophoogmateriaal met klei) of een materiaal met bestanddelen van verschillende aard. Zulke mengsels zijn niet als een homogeen materiaal te hergebruiken.

5 Onderzoek van de monsters



Uitgaande van de hierna beschreven grondsoorten stellen de blokschema's mogelijke geschikte bindmiddelen voor. Bijlage 1 geeft de geschiktheid naargelang van de grondsoort weer.

$D_{max} \leq 50 \text{ mm}$ ⁽¹⁰⁾

Doorval door een zeef van $63 \mu\text{m}$

$0 / 63 \mu\text{m} \geq 35 \%$

$12 \% < 0 / 63 \mu\text{m} < 35 \%$

$0 / 63 \mu\text{m} < 12 \%$

Bepaling van de methyleenblauwwaarde (MBW)

$MBW \leq 25$

$25 < MBW \leq 60$

$60 < MBW \leq 80$

$MBW \leq 15$

$MBW > 15$

$MBW \leq 2$

$MBW > 2$

Weinig plastische leem en klei

Leem en klei

Zeer plastische klei

Leemhoudend zand of grindzand

Kleihoudend tot sterk kleihoudend zand of grindzand

Waterbestendig zand of grindzand

Doorval door een zeef van 2 mm

kalk, cement, HBW

kalk, HBW

kalk, HBW

kalk, cement, HBW

kalk, HBW

cement, HBW

cement, HBW

kalk, gecombineerd, HBW

kalk, gecombineerd, HBW

gecombineerd, cement, HBW

kalk, gecombineerd, HBW

cement, HBW

$0 / 2 \text{ mm} \leq 70 \%$

$0 / 2 \text{ mm} > 70 \%$

kleihoudend grindzand of grof zand

kleihoudend zand

kalk, cement, HBW

kalk, cement, HBW

cement, HBW

cement, HBW

Noot: de keuze van het HBW hangt af van de te behandelen grondsoort

Voor de bovenstaande blokschema's geldt:

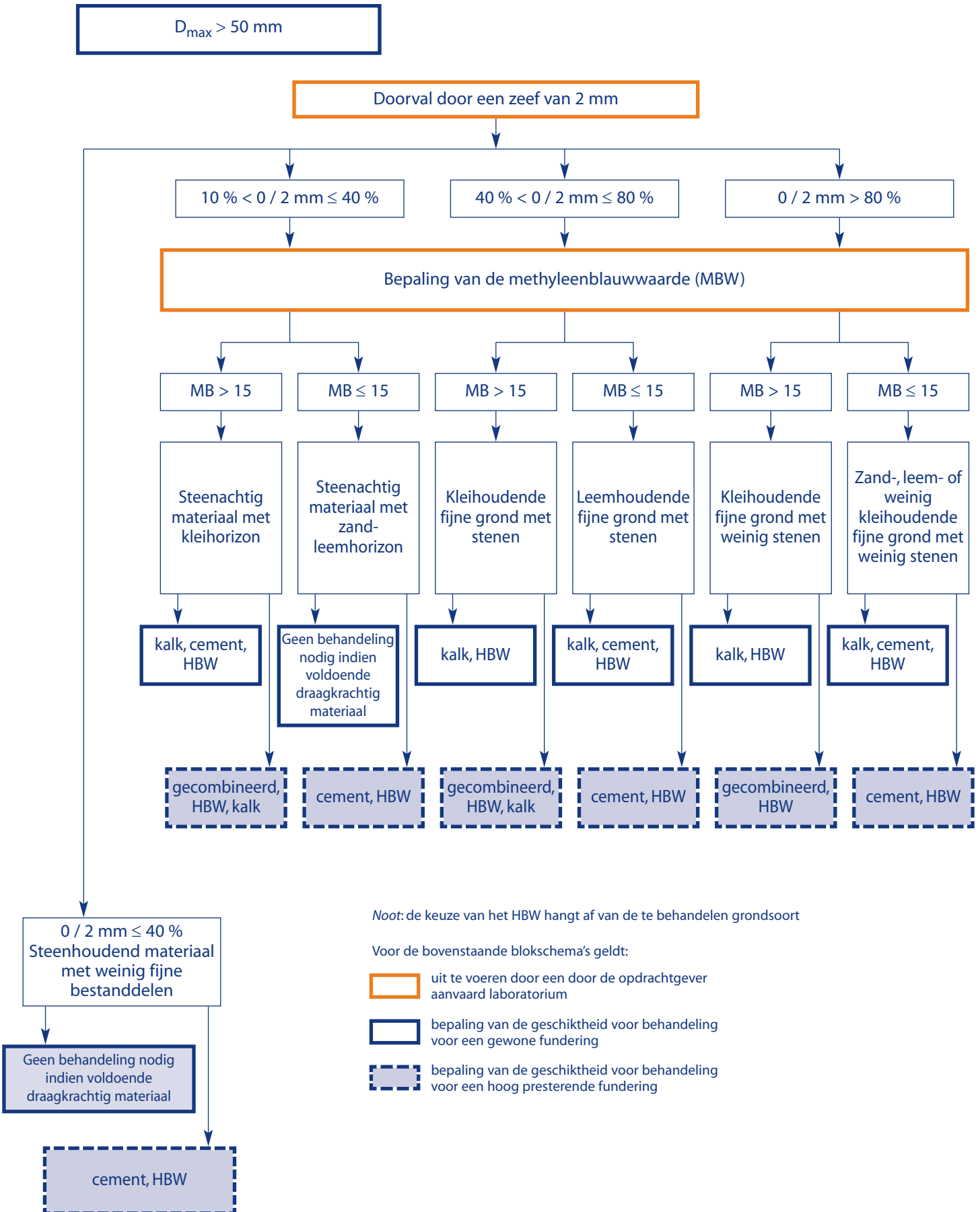
 uit te voeren door een door de opdrachtgever aanvaard laboratorium

 bepaling van de geschiktheid voor behandeling voor een gewone fundering

 bepaling van de geschiktheid voor behandeling voor een hoog presterende fundering

[R7] ¹⁰ Dit schema steunt op de aanbevelingen in de *Guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme - Fascicule II: Annexes techniques*, LCPC-SETRA, september 1992

Behandeling van grond voor funderingen onder bedrijfsvloeren



6 Vooronderzoek naar het mengselontwerp

Het vooronderzoek bestaat erin vooraf in het laboratorium voor verschillende hoeveelheden behandelingsmiddel de prestaties van de grond te bepalen, in het variatiegebied van de op de bouwplaats te verwachten watergehalten.

Het vooronderzoek heeft tot doel de optimale hoeveelheid behandelingsmiddel te bepalen die moet worden toegevoegd om de geëiste prestatie te bereiken.

De resultaten worden uitgezet in grafieken die, afhankelijk van de vochttoestand bij de uitvoering, de hoeveelheden behandelingsmiddel aangeven die aan een gegeven grond moeten worden toegevoegd om de gewenste kenmerken te verkrijgen.

6.1 Behandeling met kalk

6.1.1 Gewone fundering

Het vooronderzoek heeft tot doel de optimale hoeveelheid kalk te bepalen die moet worden toegevoegd om een draagvermogenindex $CBR_{4d \text{ onderdampeling}} > 20 \%$ (CBR-waarde na vier dagen onderdampeling) te bereiken.

Ter informatie, voor een gewone fundering bedraagt de toegevoegde hoeveelheid kalk doorgaans 2 tot 4 % van de droge massa van het mengsel.

6.1.1.a *Bepaling van de grafieken*

Een vooronderzoek omvat verscheidene fasen.

1. Van het onbehandelde materiaal worden bepaald:

- [N4] - de normale Proctorkromme (minstens 5 punten);
- [N6] - de draagvermogenindex ($CBR_{4d \text{ onderdampeling}}$) aan de proefstukken die zijn gebruikt om de Proctorkromme te bepalen.

2. In combinatie met drie verschillende kalkdoseringen worden vier watergehalten gekozen, in het variatiegebied dat op de bouwplaats wordt verwacht. Twee uur na het mengen worden de monsters, die in een hermetisch gesloten verpakking zijn bewaard, verdicht met energie van de normale Proctorproef.

3. Aan elk proefstuk wordt de index $CBR_{4d \text{ onderdampeling}}$ bepaald.

Dit maakt het mogelijk een kromme uit te tekenen die de verandering van de draagvermogenindex (CBR_{4d} onderdampeling) met het watergehalte bij verdichting aangeeft.

6.1.1.b Berijdbaarheid

Om een correcte nivellering van de behandelde laag te waarborgen en te sterke spoorvorming met een risico op een ondermaatse dikte van het beton als gevolg te voorkomen, moet worden nagegaan of aan het criterium voor berijdbaarheid is voldaan:

[N6] berijdbaarheid is voldaan:

- IPI
- kleihoudende fijne grond: IPI > 10
 - zandhoudende fijne grond: IPI > 15
 - zand en grindzand: IPI > 20

6.1.1.c Lineaire zwelling

De lineaire zwelling gemeten tijdens de proef ter bepaling van de index CBR_{4d} onderdampeling moet kleiner zijn dan 3 mm (klasse LS₃).

[N6] meetmethode | [N9] indeling in klassen

6.1.1.d Draagvermogen op langere termijn

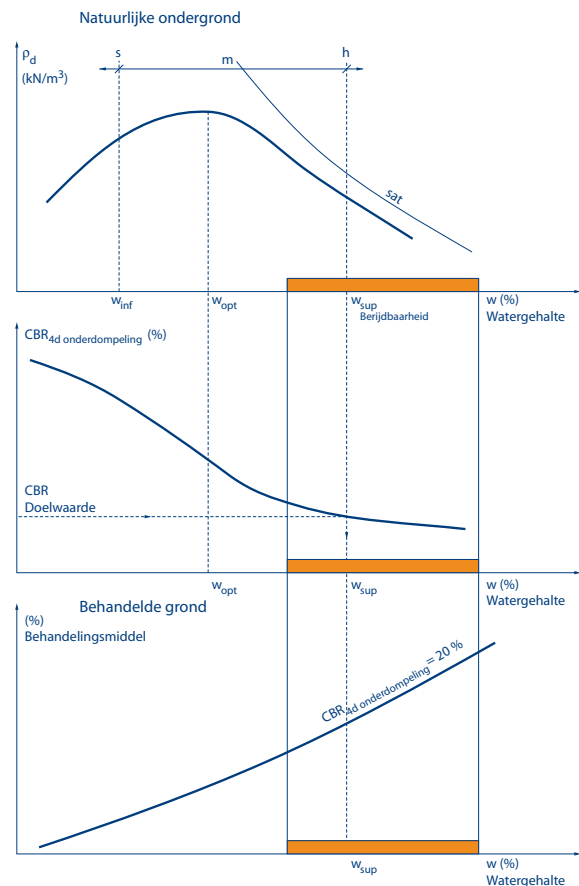
Om het behoud van de prestaties op langere termijn in vochtige toestand te waarborgen, moet de factor CBR_{4d} onderdampeling/IPI groter zijn dan of gelijk aan 1⁽¹¹⁾.

6.1.1.e Vereenvoudigde methode

De vereenvoudigde methode heeft tot doel na te gaan of voor de gekozen dosering in de natuurlijke vochttoestand op het werk de index CBR_{4d} onderdampeling werkelijk groter is dan 20 %.

6.1.2 Hoog presterende fundering

Het vooronderzoek heeft tot doel de optimale hoeveelheid kalk te bepalen die moet worden toegevoegd om een draagvermogenindex CBR_{4d} onderdampeling > 40 % te bereiken.



De grafieken worden op dezelfde manier bepaald als voor kalkbehandeling voor een gewone fundering (zie 6.1.1), maar met aangepaste kalkdoseringen.

Ter informatie, voor een hoog presterende fundering bedraagt de toegevoegde hoeveelheid kalk doorgaans 3 tot 8 % van de droge massa van het mengsel.

6.1.2.a *Berijdbaarheid*

Om een correcte nivellering van de behandelde laag te waarborgen en te sterke spoorvorming met een risico op een ondermaatse dikte van het beton als gevolg te voorkomen, moet worden nagegaan

[N6] of aan het criterium voor berijdbaarheid is voldaan:

- IPI
- kleihoudende fijne grond: IPI > 10
 - zandhoudende fijne grond: IPI > 15
 - zand en grindzand: IPI > 20

6.1.2.b *Lineaire zwellings*

De lineaire zwellings gemeten tijdens de proef ter bepaling van de index CBR_{4d} onderdempeling moet kleiner zijn dan 1 mm (klasse LS_1).

[N6] meetmethode | [N9] indeling in klassen

6.1.2.c *Draagvermogen op langere termijn*

Om het behoud van de prestaties op langere termijn in vochtige toestand te waarborgen, moet de factor CBR_{4d} onderdempeling/IPI groter zijn dan of gelijk aan 1⁽¹²⁾.

6.2 Behandeling met HBW of cement

6.2.1 **Gewone fundering**

Het vooronderzoek heeft tot doel de optimale hoeveelheid HBW of cement te bepalen om het gewenste draagvermogen te bereiken.

6.2.1.a *Draagvermogen*

De referentieproef is een CBR-proef waarbij aan een mengsel van grond en behandelmiddel de index CBR_{3d+4d} onderdempeling (na drie dagen nabehandeling en vier dagen onderdempeling) wordt

¹² Als de resultaten van deze proef niet voldoen, moet verder onderzoek worden verricht om het verloop van de kenmerken van de behandelde grond te beoordelen.

[N6] bepaald. Tijdens de nabehandeling moeten de proefstukken volgens de bepalingen in de norm (98 % vochtigheid en een temperatuur van 20 °C) worden bewaard.

Het criterium voor het draagvermogen wordt als volgt uitgedrukt: $CBR_{3d+4d \text{ onderdompeling}} > 20 \%$

De grafieken worden op dezelfde manier bepaald als voor kalkbehandeling voor gewone funderingen (zie 6.1.1).

Ter informatie, voor een gewone fundering bedraagt de toegevoegde hoeveelheid HBW of cement doorgaans 2 tot 4 % van de droge massa van het mengsel.

6.2.1.b *Berijdbaarheid*

Om een correcte nivellering van de behandelde laag te waarborgen en te sterke spoorvorming met een risico op een ondermaatse dikte van het beton als gevolg te voorkomen, moet worden nagegaan

[N6] of aan het criterium voor berijdbaarheid is voldaan:

- | | |
|-----|--------------------------------------|
| IPI | - kleihoudende fijne grond: IPI > 10 |
| | - zandhoudende fijne grond: IPI > 15 |
| | - zand en grindzand: IPI > 20 |

6.2.1.c *Lineaire zwellings*

De lineaire zwellings gemeten tijdens de proef ter bepaling van de index $CBR_{3d+4d \text{ onderdompeling}}$ moet kleiner zijn dan 3 mm (klasse LS₃).

[N6] meetmethode		[N8], [N10] indeling in klassen
---------------------	--	------------------------------------

6.2.1.d *Draagvermogen op langere termijn*

Om het behoud van de prestaties op langere termijn in vochtige toestand te waarborgen, moet de

[N6] factor $CBR_{3d+4d \text{ onderdompeling}}/IPI$ groter zijn dan of gelijk aan 1⁽¹³⁾.

6.2.1.e *Vereenvoudigde methode*

De vereenvoudigde methode heeft tot doel na te gaan of de index $CBR_{3d+4d \text{ onderdompeling}}$ voor de

[N6] gekozen dosering in de natuurlijke vochttoestand op het werk werkelijk groter is dan 20 %.

6.2.2 Hoog presterende fundering

Het vooronderzoek heeft een tweevoudig doel. Ten eerste de optimale dosering van HBW of cement voor het geëiste draagvermogen (of de geëiste sterkte) bepalen en ten tweede de duur van de nabehandeling bepalen die nodig is om bepaalde prestaties (bijvoorbeeld berijdbaarheid) te waarborgen.

6.2.2.a Basiseisen

[N5] De referentieproef is de vrije drukproef ter bepaling van R_c .

Nabehandelingsduur of wachttijd voor de openstelling voor bouwverkeer:

$$R_c > 1 \text{ MPa}$$

Draagvermogen:

$$R_{c28d} > 1,5 \text{ MPa}$$

Watergevoeligheid:

$$\begin{aligned} R_{c14d+14d \text{ onderdompeling}}/R_{c28d} &> 0,6 \text{ (MB} > 6) \\ &> 0,8 \text{ (MB} \leq 6) \end{aligned}$$

Noot: deze proeven mogen ook na 60 dagen worden verricht.

$$R_{c28d+32d \text{ onderdompeling}}/R_{c60d}$$

6.2.2.b Laboratoriumonderzoek

Het vooronderzoek omvat:

- de bepaling van het normale Proctoroptimum (NPO) na behandeling;
- de bereiding van de proefstukken verdicht met energie van de normale Proctorproef;
- de bepaling van de R_c -waarden;
- de bepaling van de nabehandelingsduur.

Ter informatie, voor een hoog presterende fundering bedraagt de toegevoegde hoeveelheid HBW of cement doorgaans 4 tot 8 % van de droge massa van het mengsel.

6.2.2.c Lineaire zwellings

De lineaire zwellings gemeten tijdens de proef ter bepaling van de index $CBR_{3d+4d \text{ onderdompeling}}$ moet kleiner zijn dan 1 mm (klasse LS_1).

[N6] meetmethode | [N8], [N10] indeling in klassen

7 Uitvoering

De grondbehandeling vindt plaats op het werk zelf (behandeling van de aanwezige grond zonder grondverzet) of in een (vaste of mobiele) installatie.

De resultaten van het laboratoriumonderzoek zijn geen garantie voor de prestaties op het terrein. Deze prestaties hangen immers ook af van de kwaliteit van de ondergrond en van de uitvoering van de grondbehandeling.

Als behandelingsmiddelen kunnen worden toegepast:

- [N12] - bouwkalk van klasse CL90Q volgens de NBN EN 459
- [N10] - en de eisen in PTV 459;
- [N11] - cement volgens de NBN EN 197-1;
- [N14] - HBW volgens de normontwerpen prEN 13282-1, prEN 13282-2 en prEN 13282-3.

De dosering wordt berekend op de droge massa van de grond (1 % = 10 kg behandelingsmiddel per ton droge grond).

7.1 Behandeling

7.1.1 Behandeling op het werk zelf

7.1.1.a Spreiden van het behandelingsmiddel

Het behandelingsmiddel wordt uitgespreid met een strooier die de beoogde dosering kan aanhouden. Het moet over de hele oppervlakte worden gestrooid in evenwijdige stroken die aan elkaar grenzen of, bij voorkeur, elkaar met enkele centimeters overlappen, om een gelijkmatige verdeling te waarborgen.

Op kleine bouwplaatsen mag het middel eventueel met de hand worden uitgestrooid (behandelingsmiddel in «big bags» of in zakken).

De dosering mag niet meer dan $\pm 10\%$ van de voorgeschreven hoeveelheid afwijken.

Omdat grondstabilisatie het doel van de behandeling is, moet de in het laboratorium bepaalde kalkdosering worden nageleefd. Ze mag dus niet worden verminderd.

De stofproductie tijdens het spreiden moet zoveel mogelijk worden beperkt.

Bij neerslag moet het strooien worden stopgezet.

7.1.1.b Mengen

De te behandelen laag grond wordt krachtig gemengd totdat het mengsel over de hele oppervlakte en de hele behandelde laagdikte homogeen is (wat te zien is aan een gelijkmatige kleur en textuur). De behandelde laagdikte hangt af van de capaciteit van de mengmachine (en van de verdichter – zie 7.2).

Naargelang van de laagdikte en de mengmachine kunnen daarvoor verscheidene werkgangen nodig zijn.

Er wordt gemengd in opeenvolgende naast elkaar liggende stroken. Elke strook overlapt de vorige over een voldoende lange afstand met ten minste 10 cm.

Tijdens het mengen wordt de stofproductie zoveel mogelijk beperkt.

Bij plotselinge neerslag wordt de menging onderbroken en wordt een eerste maal verdicht. Als het behandelingsmiddel kalk is, wordt bij de hervatting van het werk doorgemengd – na een extra strooibeurt indien dat door het toegenomen watergehalte nodig is geworden.

Bij een behandeling met cement of HBW wordt de menging zo spoedig mogelijk voltooid, waarna de laag afgewalst wordt.

7.1.2 Behandeling in een vaste of mobiele installatie

7.1.2.a Doseren, mengen, opslag en laden

Doseren

De installatie moet het behandelingsmiddel zodanig aan de grond kunnen toevoeren, dat de voorgeschreven dosering nageleefd wordt. De dosering mag niet meer dan $\pm 10\%$ van de voorgeschreven hoeveelheid afwijken. Ze wordt bepaald tijdens het vooronderzoek in het laboratorium.

Omdat grondstabilisatie het doel van de behandeling is, moet de in het laboratorium bepaalde kalkdosering worden nageleefd. Ze mag dus niet worden verminderd.

Mengen

Het mengsel moet homogeen zijn wanneer het de installatie verlaat (wat te zien is aan een gelijkmatige kleur en textuur).

Opslag

Grond die met cement is behandeld, mag niet worden opgeslagen.

Grond die met HBW is behandeld, mag alleen met toestemming van de bindmiddelenproducent en volgens zijn instructies worden opgeslagen.

Grond die met kalk is behandeld, mag in gunstige omstandigheden worden opgeslagen. Dit betekent dat de voorraad een gesloten structuur moet hebben, om een goede hemelwaterafvoer te waarborgen en te voorkomen dat er water aan de voet van de hopen grond blijft staan.

Laden

De kwaliteit van het mengsel mag door het laden niet worden aangetast. Er mogen zich geen brokken vormen.

Meer informatie over de onderwerpen die in deze paragraaf worden behandeld, is te vinden in TRA 16 – *Toepassingsreglement voor met bindmiddelen behandelde grond geproduceerd op een [R8] vaste locatie van COPRO.*

7.1.2.b Verwerken van behandelde grond

Vóór de verwerking van de behandelde grond moet worden nagegaan of *het baanbed* aan de eis voor de oorspronkelijke beddingconstante volgens Westergaard ($K_{wi} > 30$ MPa/m, gemeten op de natuurlijke ondergrond) voldoet.

7.2 Verdichten

Voor de verdichting is het aantal werkgangen afhankelijk van de grondsoort, de laagdikte en de capaciteit van de verdichter. Zoals al in 7.1.1.b vermeld, is de behandelde laagdikte afhankelijk van de capaciteit van de mengmachine.

Voor hoog presterende funderingen moet de laagdikte na verdichting ten minste 30 cm bedragen.

Om de geëiste verdichting en het geëiste draagvermogen te bereiken, verdient het aanbeveling dat de laagdikte na verdichting niet meer dan 35 cm bedraagt. Een grotere laagdikte (maximaal 45 cm) is slechts toegestaan als de aannemer aantoont dat de verdichter (en in het geval van behandeling op het werk ook de menger) dit aankan.

Grond die met cement is behandeld, moet binnen de twee uren na de inmenging worden verdicht en genivelleerd.

De verwerkbaarheidsduur van met HBW behandelde grond moet door de bindmiddelenproducent worden meegedeeld.

Als de met kalk behandelde grond te vochtig is, verdient het aanbeveling bij droog weer de grond vóór het verdichten aan de lucht bloot te stellen tot het water voldoende is verdampt en de optimale vochttoestand is bereikt. De verluchtingstijd bedraagt doorgaans één tot drie uren, maar hangt ook af van de organisatie van de bouwplaats. Als de grond te droog is, is het aangewezen deze te besproeien om de optimale vochttoestand te bereiken. Het is raadzaam de grond op het einde van de dag met een gladde of een bandenwals te verdichten. Vanzelfsprekend moeten ook de nodige voorzieningen voor een goede hemelwaterafvoer worden getroffen.

Behandelde lagen worden genivelleerd door het oppervlak in zijn geheel vlak te schaven en geenszins door laagten aan te vullen met overtollig materiaal van weggenomen bulten.

[R9] 7.3 Beschermen

7.3.1 Behandeling met kalk

Wanneer na de behandeling met kalk de aanbrenging van de bovenliggende lagen van de wegconstructie om organisatorische redenen of door de weersomstandigheden niet onmiddellijk kan volgen, moet de behandelde grond tegen de gevolgen van bevochtiging en uitdroging worden beschermd. Daartoe wordt ten laatste op het einde van de dag een bitumenemulsie in een dosering van 0,7 l/m² aangebracht. Eventueel wordt deze met zand (zand C. 3.4.2, volgens RW99) in een dosering van 3 kg/m² afgestrooid.

7.3.2 Behandeling met cement of HBW

Met cement of HBW behandelde grond wordt in twee stappen tegen uitdroging beschermd:

- onmiddellijk na de laatste overgang van de verdichter(s) wordt de behandelde grond matig met water besproeid (het water mag niet afstromen);
- ten laatste op het einde van de dag wordt een bitumenemulsie C60B1 in een dosering van 0,7 l/m² aangebracht, die vervolgens met zand in een dosering van 3 kg/m² wordt afgestrooid

7.4 Berijdbaarheid en bescherming tegen het verkeer

De wachttijd voor de ingebruikneming van de behandelde laag hangt af van de resultaten van het laboratoriumonderzoek (zie hoofdstuk 6 *Vooronderzoek naar het mengselontwerp*).

Als bouwmachines met rupsbanden worden gebruikt, moeten beschermende maatregelen worden genomen. Waar deze machines rijden (en vooral waar zij draaien) kan een laag van korrelvormig materiaal worden aangebracht of kunnen tijdelijk houten of stalen platen worden gelegd, om schade aan de behandelde laag te voorkomen en de minimale laagdikte te waarborgen.

7.5 Weersomstandigheden

7.5.1 Behandeling met kalk

Bij felle wind, aanhoudende regen of als de temperatuur van de te behandelen laag lager dan 4 °C is, wordt de behandeling onderbroken.

Bij vorst worden lagen die hun samenhang hebben verloren, opnieuw tot de geëiste graad verdicht. Doorweekte materialen worden opnieuw behandeld.

7.5.2 Behandeling met HBW

Behandeling met HBW is af te raden bij temperaturen beneden 5 °C.

7.5.3 Behandeling met cement

Behandeling met cement is verboden als de luchttemperatuur onder thermometerhut op 1,5 m boven de grond:

- 's morgens om 8 uur lager is dan of gelijk aan 1 °C;
- 's nachts lager is dan of gelijk aan -3 °C.

7.6 Opslag van behandelde grond

7.6.1 Behandeling met kalk

Een mengsel van grond met kalk mag tot drie maanden worden opgeslagen, mits het tegen neerslag beschermd wordt.

De opgeslagen grond moet een gesloten structuur hebben, om een goede hemelwaterafvoer te waarborgen en te voorkomen dat er water aan de voet van de hopen grond blijft staan.

Wanneer de opgeslagen grond verwerkt wordt, moet het watergehalte opnieuw worden gemeten. Indien nodig wordt een bijkomende behandeling toegepast, om het watergehalte op de optimale waarde te brengen die in de ontwerpfase is bepaald (zie 7.1.2.a).

7.6.2 Behandeling met HBW of cement

Voor opslag van met HBW behandelde grond moeten de instructies van de bindmiddelenproducent (omstandigheden, duur) worden nageleefd (zie 7.1.2.a).

Grond die met cement is behandeld, mag niet worden opgeslagen.

8 Controles

Om na te gaan of de kenmerken naar wens zijn, worden de hiernavolgende controles en proeven uitgevoerd.

8.1 Oorspronkelijke beddingconstante volgens Westergaard (Kwi)

[N16] De oorspronkelijke beddingconstante wordt bepaald met de plaatbelastingsproef van Westergaard. Als aan het criterium $Kwi > 30 \text{ MPa/m}$ is voldaan, is een behandeling van de grond in één laag voor toepassing als gewone of hoog presterende fundering mogelijk.

8.2 Keuring van het toegepaste product (behandelingsmiddel of in de installatie behandelde grond)

Bij de levering: de leveringsbons en de certificatiemerken (COPRO, BENOR, CE-markering) nakijken. Nagaan of het middel voldoet aan de eisen in het bijzonder bestek en overeenstemt met het vooronderzoek in het laboratorium. Als het behandelingsmiddel niet voldoet, de parameters verifiëren

[N13] (zie geldende standaardbestekken en normen).

Na opslag: vooraleer met kalk behandelde grond wordt hergebruikt, moet de reactiviteit t60 en het gehalte aan vrije (beschikbare) kalk (CaO) worden nagegaan (zie bestekken).

8.3 Controle op de uitvoering

Het *spreiden* wordt steekproefsgewijs gecontroleerd door op een aantal punten een zeil van $0,5 \text{ m}^2$ of een plaat met een gekende oppervlakte te leggen en het behandelingsmiddel dat op dat zeil of die plaat is terechtgekomen, te wegen. Een algemene controle is mogelijk door dagelijks het totale gewicht van het gespreide behandelingsmiddel te delen door de totale behandelde oppervlakte.

Het *watergehalte* van de behandelde grond wordt nagemeten aan een monster uit de behandelde,

[N1] maar nog niet verdichte laag.

De *laagdikte* na verdichting wordt nagegaan door sonderingen in de behandelde laag. Met het PANDA-sondeerapparaat kan ook het verschil in sterkte van de behandelde laag en de natuurlijke ondergrond worden nagegaan. Bij twijfel kan de kleuromslag van een fenoltaleïne-oplossing de grens

[R5] tussen behandelde en onbehandelde grond aangeven.

Eventueel:

Controle op de menging⁽¹⁴⁾: er zijn verscheidene proeven beschikbaar om te controleren of de

[R1] menging goed is uitgevoerd.

*mengdiepte,
homogeniteit van het mengsel*

Ook de maalfijnheid van de behandelde grond kan worden gemeten.

[N7] | [N8], [N9], [N10]
meetmethode | indeling in klassen

¹⁴ Deze proeven zijn facultatief.

8.4 Controle bij de oplevering

[N16] Plaatbelastingsproef van Westergaard: criterium en wachttijd na verdichting.

8.4.1 Behandeling met kalk

Gewone funderingen

De beddingconstante volgens Westergaard (Kw) wordt ten minste 24 h na verdichting gemeten en moet hoger zijn dan het criterium in het bijzonder bestek (ten minste 40 MPa/m).

Hoog presterende funderingen

De beddingconstante volgens Westergaard (Kw) wordt ten minste 24 h na verdichting gemeten en moet hoger zijn dan het criterium in het bijzonder bestek (ten minste 50 MPa/m).

8.4.2 Behandeling met HBW (of cement)

Idealiter wordt de minimale wachttijd tussen verdichting en de plaatbelastingsproef volgens Westergaard door de bindmiddelenproducent aangegeven. Daarvoor steunt hij op het mengselontwerp, de weersomstandigheden en de ervaring (plaatselijke werkzaamheden, proefvak, enz.). Deze wachttijd geeft meteen ook aan wanneer de behandelde laag voor bouwverkeer mag worden opengesteld.

Afhankelijk van de fasering van de werken kan het nuttig zijn alternatieve oplossingen te onderzoeken om de wachttijd tussen de aanbrenging van de fundering en de bedrijfsvloer tot een minimum te beperken (bijvoorbeeld optimalisering van de dosering).

Gewone funderingen

De beddingconstante volgens Westergaard (Kw) wordt ten minste 24 h na verdichting gemeten en moet hoger zijn dan het criterium in het bijzonder bestek (ten minste 40 MPa/m).

Hoog presterende funderingen

Tenzij de bindmiddelenproducent het anders bepaalt, wordt de beddingconstante volgens Westergaard (Kw) ten minste 7 dagen na verdichting gemeten.

In optimale omstandigheden, dat betekent als de temperatuur onder thermometerhut 's nachts meer dan 10 °C bedraagt, kan deze wachttijd tot 72 h worden teruggebracht.

In winterse omstandigheden, dat betekent als de temperatuur 's nachts minder dan 8 °C bedraagt, kan deze wachttijd tot 28 dagen worden verlengd.

De beddingconstante moet hoger zijn dan het criterium in het bijzonder bestek (ten minste 50 MPa/m).

8.5 Proefvak⁽¹⁵⁾

[N16] Plaatbelastingsproef volgens Westergaard op een proefvak na de toepasselijke wachttijd.

A1 Bijlage 1

Geschiktheid van de verschillende behandelingsmiddelen als functie van de grondsoort

	Gewone fundering			Hoog presterende fundering			
	Kalk	Cement	HBW	Kalk	Cement	HBW	Gecom- bineerd
Weinig plastische leem en klei	✓	✓	✓		✓	✓	
Leem en klei	✓		✓	✓		✓	✓
Zeer plastische klei	✓		✓	✓		✓	✓
Leemhoudend zand en grindzand	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Kleihoudend tot sterk kleihoudend zand en grindzand	✓		✓	✓		✓	✓
Waterbestendig zand en grindzand		✓	✓		✓	✓	
Kleihoudend zand of grindzand	✓	✓	✓		✓	✓	
Leemhoudend zand	✓	✓	✓		✓	✓	
Steenhoudend materiaal met weinig fijne bestanddelen	Geen behandeling indien voldoende draagkrachtig materiaal				✓	✓	
Steenhoudend materiaal met kleihorizon	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Steenhoudend materiaal met zandleemhorizon	Geen behandeling indien voldoende draagkrachtig materiaal				✓	✓	
Kleihoudend fijne grond met stenen	✓		✓	✓		✓	✓
Leemhoudend fijne grond met stenen	✓	✓	✓		✓	✓	
Kleihoudend fijne grond met weinig stenen	✓		✓			✓	✓
Zand-, leem- of weinig kleihoudende fijne grond met weinig stenen	✓		✓		✓	✓	

Noot: de keuze van het HBW hangt af van de te behandelen grondsoort.

N Normen

- [N1] **NBN EN 1097-5 (2008)**
Beproevingmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 5: Bepaling van het watergehalte door drogen in een geventileerde oven
- [N2] **NBN EN 1744-1, §15 (1998)**
Beproevingmethoden voor de chemische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 1: Chemische analyse
- [N3] **NBN EN 933-9 (1999)**
Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 9: Beoordeling van fijn materiaal – Methyleenblauwproef
- [N4] **NBN EN 13286-2 (2004)**
Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels – Deel 2: Beproevingmethode voor het bepalen van de laboratoriumrefentiedichtheid en het watergehalte – Proctorverdichting
- [N5] **NBN EN 13286-41 (2003)**
Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels – Deel 41: Bepaling van de druksterkte van hydraulisch gebonden mengsels
- [N6] **NBN EN 13286-47 (2004)**
Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels – Deel 47: Beproevingmethode voor de bepaling van de California Bearing Ratio (CBR), Immediate Bearing Index (IPI) en de lineaire zwellings
- [N7] **NBN EN 13286-48 (2005)**
Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels – Deel 48: Beproevingmethode voor de bepaling van de verpulveringsgraad
- [N8] **NBN EN 14227-10 (2006)**
Hydraulisch gebonden mengsels – Specificaties – Deel 10: Grond behandeld met cement
- [N9] **NBN EN 14227-11 (2006)**
Hydraulisch gebonden mengsels – Specificaties – Deel 11: Grond behandeld met kalk

- [N10] **NBN EN 14227-13 (2006)**
Hydraulisch gebonden mengsels – Specificaties – Deel 13: Grond behandeld met hydraulische bindmiddelen voor wegebouwmaterialen
- [N11] **NBN EN 197-1 (2000)**
Cement – Deel 1: Samenstelling, specificatie en overeenkomstigheidscriteria voor gebruikelijke cementsoorten
- [N12] **NBN EN 459-1 (2002)**
Bouwkalk – Deel 1: Definities, specificaties en conformiteitscriteria
- [N13] **NBN EN 459-2 (2002)**
Bouwkalk – Deel 2: Beproevingmethoden
- [N14] **prEN 13282-1 (2009)**
Hydraulic road binders
Part 1: Composition, specifications and conformity criteria of rapid hardening hydraulic road binders
prEN 13282-2 (2009)
Hydraulic road binders
Part 2: Composition, specifications and conformity criteria of normal hardening hydraulic road binders
prEN 13282-3 (2009)
Hydraulic road binders
Part 3: Conformity evaluation
- [N15] **NBN EN ISO 14688-1 (2002)**
Grondmechanica: onderzoek en proeven – Deel 1: Vereenzelviging en indeling van gronden
- [N16] **NF P94 117-3 (2008)**
Sols: Reconnaissance et essais – Portance des plates-formes – Partie 3: Coefficient de réaction de Westergaard sous chargement statique d'une plaque
- [N17] **NBN EN 933-1 (1997)**
Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen – Deel 1: Bepaling van de korrelverdeling – Zeefmethode

R Literatuur

- [R1] **A81/10 : 2010 : OCW**
Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of hydraulische bindmiddelen
- [R2] **TV x : WTCB**
Dimensionering van bedrijfsvloeren op volle grond (*in voorbereiding*)
- [R3] **TV 204 : 1997 : WTCB**
Cementgebonden bedrijfsvloeren
- [R4] **MN 40/78 : 1978 : OCW**
Meetmethode – Plaatbelastingsproef voor de controle van de verdichting
- [R5] **Aanvulling op handleiding A81/10 : 2010 : OCW**
Praktijkgids 2 – Stabilisatie van grond voor onderfunderingslagen
- [R6] **Aanvulling op handleiding A81/10 : 2010 : OCW**
Praktijkgids 3 – Verbetering van grond bij grondwerken en voor het baanbed
- [R7] **LCPC-SETRA : 1992**
Guide technique : Réalisation des remblais et des couches de forme –
Fascicule II: Annexes techniques
- [R8] **TRA 16 versie 2.0 : 2007 : COPRO**
Toepassingsreglement voor met bindmiddelen behandelde grond geproduceerd op een vaste locatie
- [R9] **LCPC-SETRA : 2007**
Guide technique : Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques –
Application à la réalisation des assises de chaussées
- [R10] **PTV 459 : 2005 : OCCN**
Ongebluste kalk voor bodembehandeling

Wettig depot: D/2009/0690/14

ISSN 1376-9332



O p z o e k i n g s c e n t r u m v o o r d e W e g e n b o u w

Inrichting erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Woluwedal 42

1200 Brussel

Tel. : 02 775 82 20 - fax : 02 772 33 74