

2



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Praktijkgids

Stabilisatie van grond voor
onderfunderingslagen



Aanvulling op Handleiding A 74/04

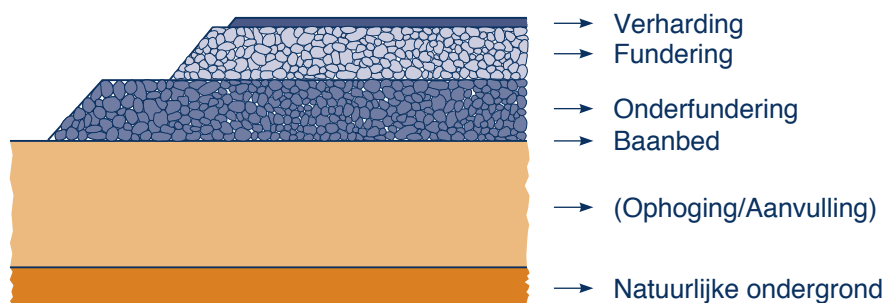
Inhoud

Inleiding	2
1. Representatieve monsterneming	4
2. Bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen	5
3. Onderzoek van de monsters	6
4. Vooronderzoek naar het mengselontwerp	7
5. Uitvoering	10
Spreiden	10
Mengen	10
Verdichten	11
Beschermen	11
6. Controles	12
Keuring van het gebruikte behandelingsmiddel	12
Controle op de uitvoering	12
Keuring van het mengsel	12
Controle op de verdichting	12
7. Normen	13

1 Inleiding

Bij de aanleg van wegen en fietspaden of de aanbrenging van bedrijfsverhardingen kan fijne (evenals watergevoelige en te natte) grond als onderfunderingsmateriaal worden gebruikt nadat hij met een of meer behandelingsmiddelen is gestabiliseerd.

Ook in funderingen zijn toepassingen mogelijk, maar de Belgische ervaring terzake is vooralsnog beperkt tot minder drukke wegen en tot fietspaden.



Door een behandelingsmiddel toe te voegen en het verkregen mengsel correct te verwerken, wordt het mogelijk een gestabiliseerde laag grond voor verkeer berijdbaar te maken, de beoogde verdichtingsgraad en een hoog draagvermogen te bereiken, en ervoor te zorgen dat dit draagvermogen in de tijd / op lange termijn ook bij invloed van water en vorst behouden blijft.

De keuze en dosering van het behandelingsmiddel worden bepaald door de grondsoort, het watergehalte van de grond op het tijdstip van de behandeling, en de beoogde kenmerken van de gestabiliseerde laag.

Een onderfunderingslaag van gestabiliseerde fijne grond biedt op lange termijn een groot draagvermogen - groter dan bij klassieke onderfunderingslagen van steenslag met dezelfde dikte. Hierdoor kan de dikte van de onderfundering met 25 %⁽¹⁾ worden verminderd ten opzichte van die van een onderfundering van ongebonden steenslag, mits een minimale laagdikte van 15 cm wordt aangehouden en de constructie vorstvrij blijft.

Deze praktijkgids stelt een operationele aanpak van grondstabilisatie voor. Aan de hand van blokschema's kan daarbij gemakkelijk worden uitgemaakt of grondstabilisatie in een gegeven geval zin heeft. De gids vormt een aanvulling op het theoretische naslagwerk A74/04 «Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of cement», 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 met kalk en/of cement.



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

De verschillende fasen bij het stabiliseren van grond voor toepassing als onderfunderings- of funderingsmateriaal zijn:

Vóór de uitvoering:

- 1) Representatieve monsterneming.
- 2) Bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen en samenbrenging in groepen.
- 3) Onderzoek van de monsters door middel van onderkenningproeven:
 - «vereenvoudigde» korrelverdeling:
 - D_{\max} (maximale korrelgrootte);
 - doorval door een zeef van 2 mm;
 - doorval door een zeef van 63 μm ;
 - methyleenblauwwaarde (MBW) (een onrechtstreekse maat voor het kleigehalte);
 - natuurlijk watergehalte;
 - gehalte aan organische stoffen (OS), sulfaten, enz.Geschiktheidsproeven (eventueel).
 - ➡ Indeling van de materialen.
- 4) Vooronderzoek naar het mengselontwerp: bepaling van de optimale hoeveelheid behandelingsmiddel.

Tijdens de uitvoering:

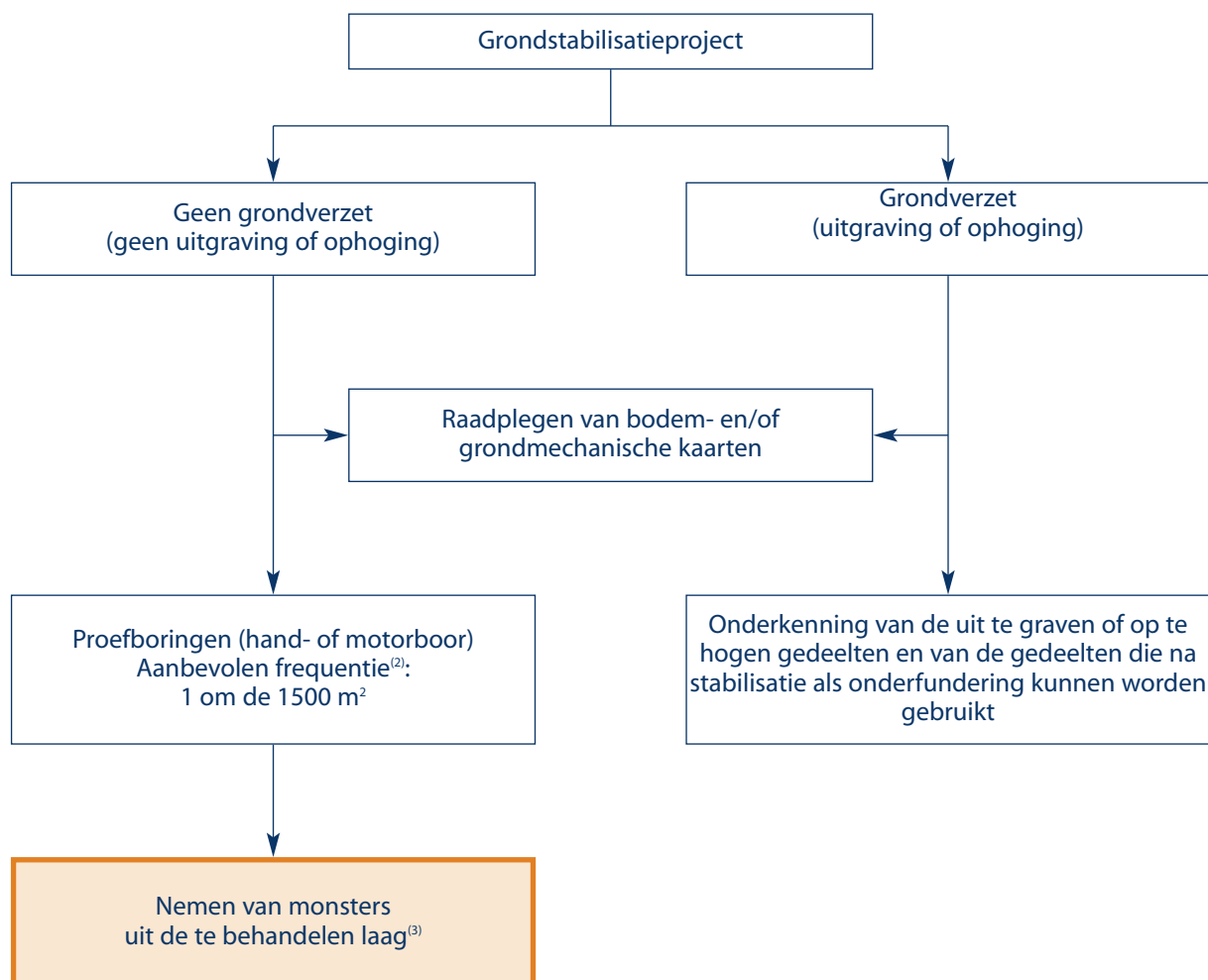
- 5) Uitvoering: spreiden - mengen - verdichten - beschermen.
- 6) Controles:
 - keuring van het gebruikte behandelingsmiddel;
 - controle op de uitvoering;
 - keuring van het mengsel van grond en behandelingsmiddel;
 - controle op de verdichting.

Voor de hiernavolgende blokschema's geldt:

 uit te voeren door een door de opdrachtgever aanvaard laboratorium;

 bepaling van de geschiktheid voor stabilisatie.

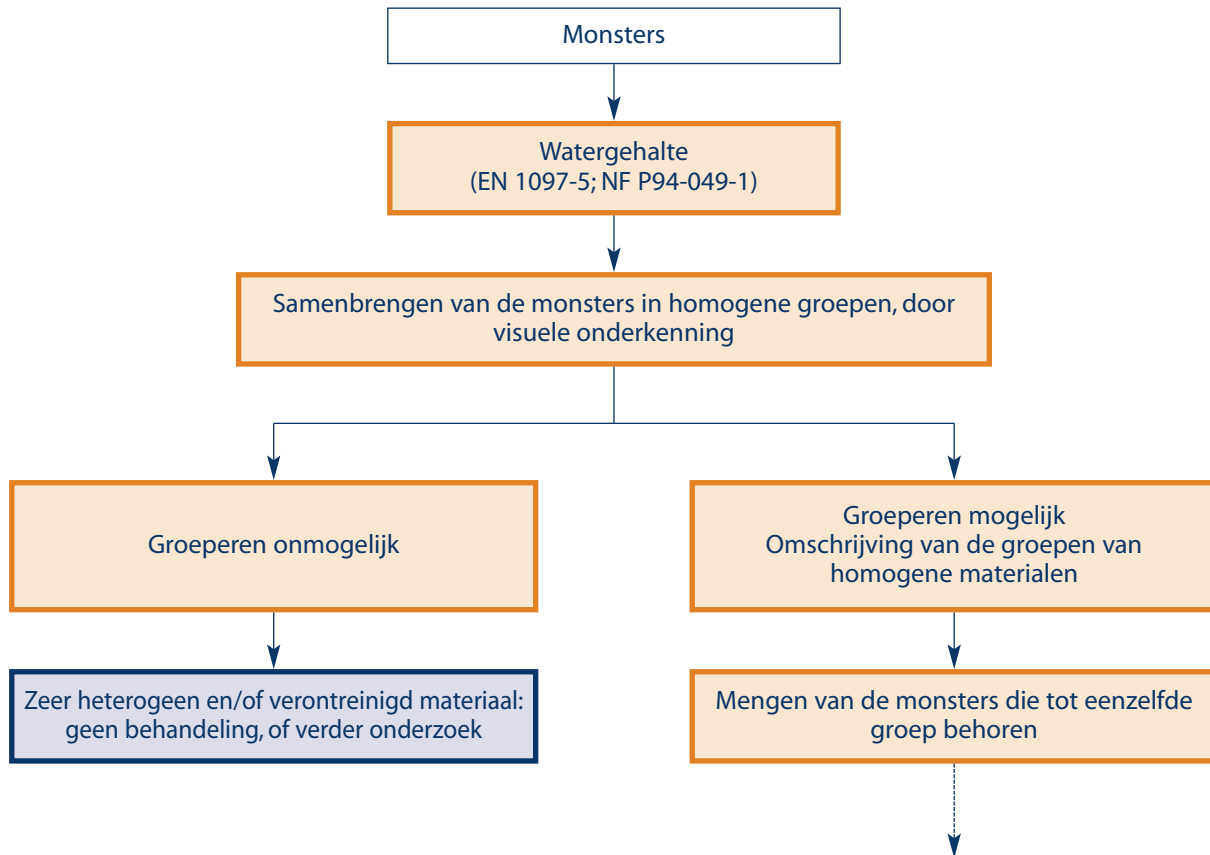
1 Representatieve monsterneming



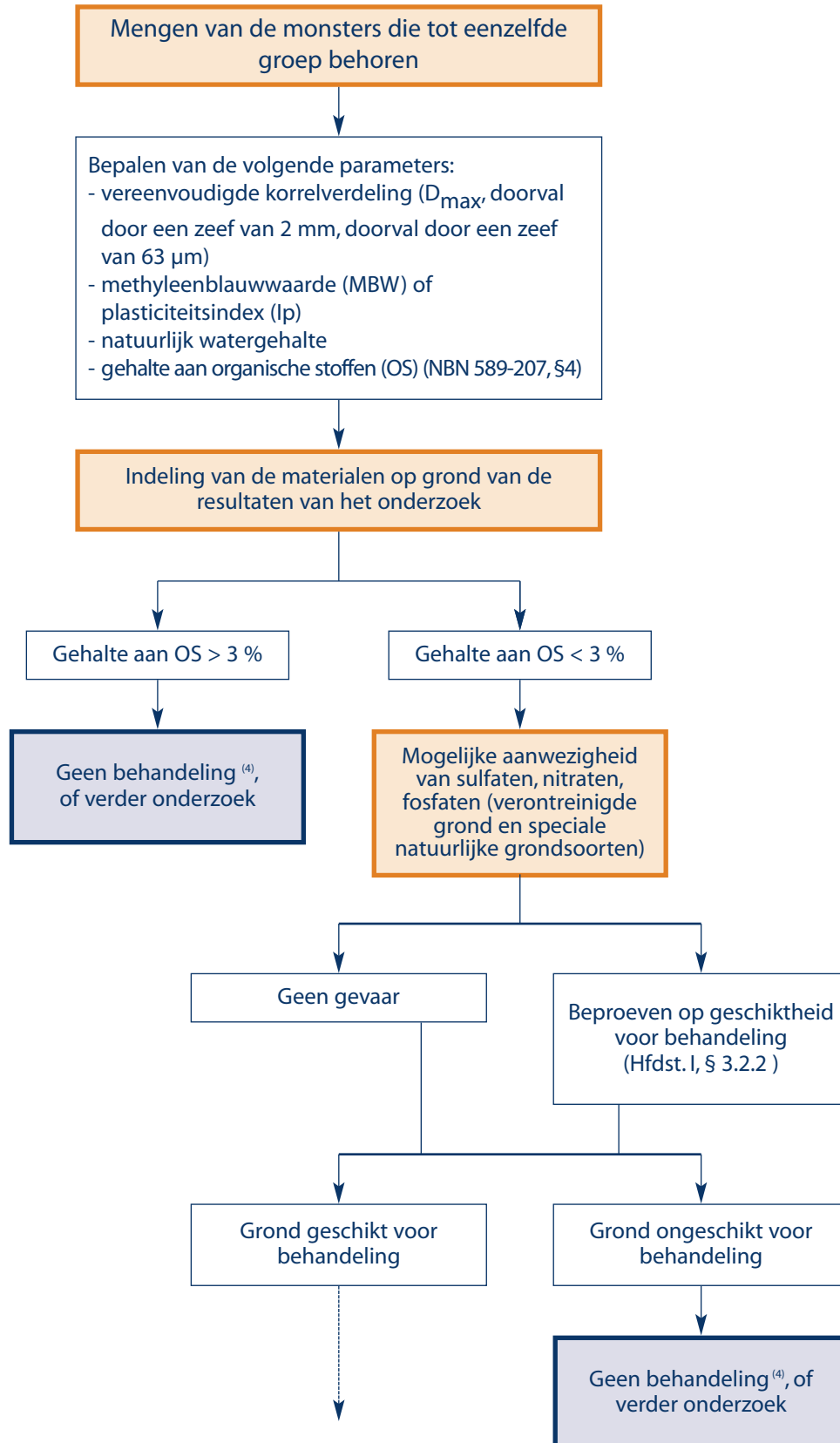
² Deze frequentie moet worden aangepast aan het project, de plaatselijke omstandigheden en de eisen van de opdrachtgever. Bij sterk heterogene grond kan zij worden verhoogd.

³ Er moeten voldoende monsters worden genomen om de verschillende hierna beschreven proeven te kunnen uitvoeren. Per grondsoort is voor de verschillende onderzoeken in het laboratorium (onderkenningproeven en vooronderzoek naar het mengselontwerp) ongeveer 150 kg nodig.

2 Bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen



3 Onderzoek van de monsters



4 Vooronderzoek naar het mengselontwerp

Bij het vooronderzoek naar het mengselontwerp:

- wordt de toe te passen hoeveelheid behandelingsmiddel bepaald;
- worden het optimale watergehalte bij verwerking (dat een correcte verdichting van de behandelde grond mogelijk maakt) en de dichtheid na verdichting vastgesteld;
- worden de volgende parameters nagegaan:
 - onmiddellijk draagvermogen;
 - draagvermogen op korte termijn;
 - wachttijd tot de laag in gebruik kan worden genomen;
 - waterbestendigheid bij onderdompeling;
 - vorstbestendigheid.

In een vooronderzoek wordt met verschillende doseringen gewerkt, om de hoeveelheden behandelingsmiddel te optimaliseren. De onderstaande tabel geeft, naar gelang van de doorval door een zeef van 63 μm en de plasticiteit van de grond, de variatiegebieden voor de te proberen doseringen aan.

Doorval door een zeef van 63 μm (%)	Plasticiteit van de grond	Variatiegebied doseringen	
		Ongebluste kalk + cement ^{(5) - (6)}	
		Ongebluste kalk - CL90	Cement - CEM III 32.5 ⁽⁷⁾
> 35%	MBW < 25	0,5% - 1%	4% - 6%
12% < < 35%	MBW < 15		
> 35%	25 < MBW < 60 12 < Ip < 25	1% - 1,5%	4% - 6%
12% < < 35%	MBW > 15		
> 35%	MBW > 60	1,5% - 2%	4% - 6%
	Ip > 25	4% - 6%	
< 12%	MBW > 2	/	3% - 5%

De percentages in de tabel zijn uitgedrukt in massadelen ten opzichte van de te behandelen grond.

De in de tabel beschouwde behandeling is een behandeling met verschillende middelen na elkaar. Voorbeeld: leemgrond (63 μm -zeefdoorval > 35 % en 12 < PI < 25) die eerst met 1 tot 1,5 % ongebluste kalk en dan met 4 tot 6 % cement wordt behandeld.

⁵ Een beschrijving van de verschillende behandelingsmiddelen is te vinden in het theoretische naslagwerk A74/04 «Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of cement» (hoofdstuk II, § 2).

⁶ De verwerkbaarheidsduur van de behandelde grond kan aan de behoeften op de bouwplaats worden aangepast door gebruik te maken van hydraulische bindmiddelen volgens ENV 13282 die voor grondbehandeling ontwikkeld zijn.

⁷ Bij kans op lage temperaturen kort na de behandeling kan worden overwogen cement uit klasse 42,5 te gebruiken.

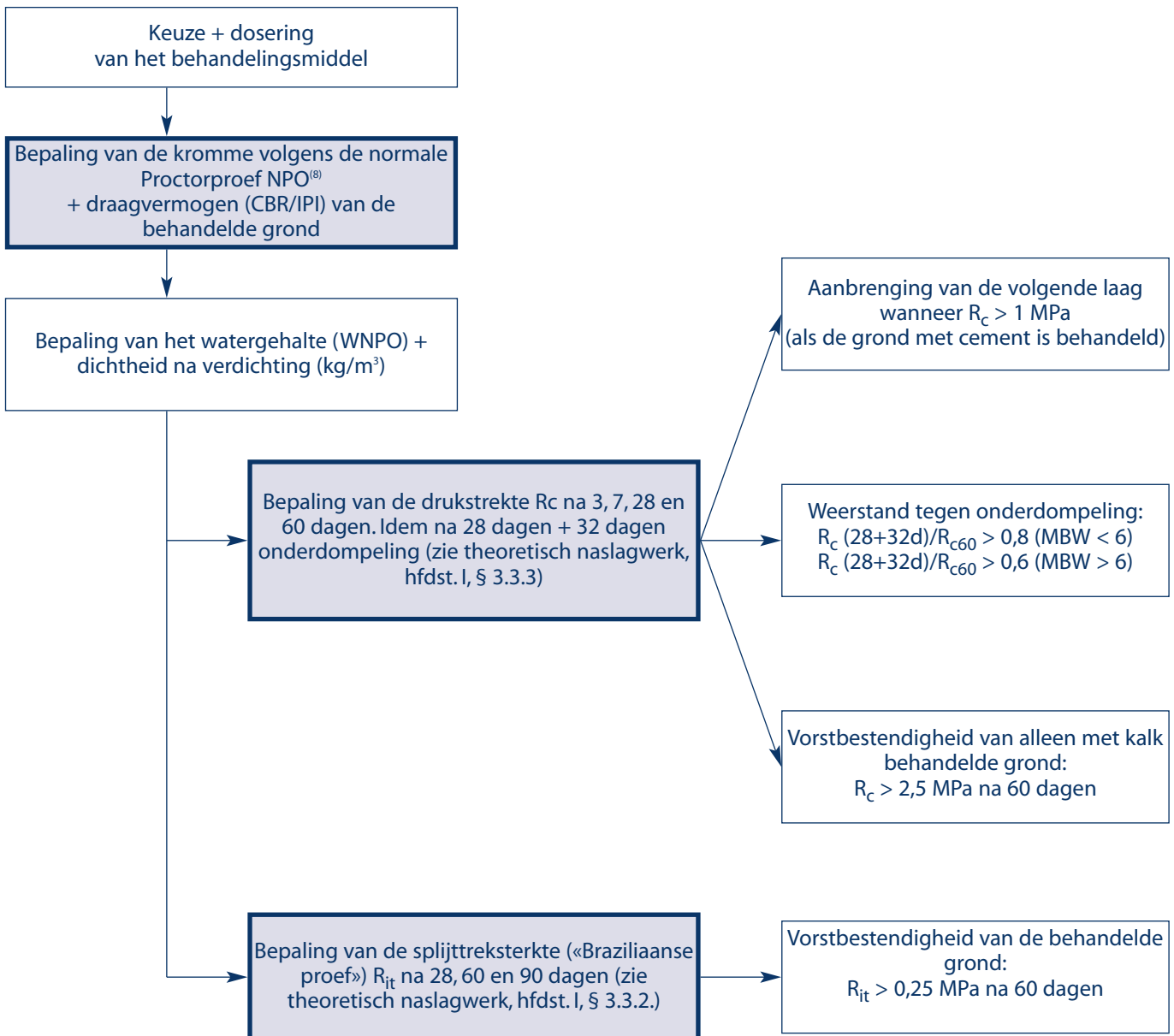
Een alternatief hiervoor is de toepassing van samengestelde bindmiddelen, die deels uit ongebluste kalk en deels uit een hydraulisch bindmiddel (volgens ENV 13282 «Hydraulic Road Binders») bestaan; hiermee kan de behandeling in één werkgang worden uitgevoerd. Het toepassingsgebied en de dosering van deze bindmiddelen moeten door de producent worden bepaald.



Wij bevelen een vooronderzoek naar het mengselontwerp sterk aan om het gedrag van de behandelde grond na te gaan en de optimale dosering van het behandelingsmiddel te bepalen. Als een vooronderzoek niet gewenst is, kunnen de maximale hoeveelheden worden toegepast, maar dan moet men zich bewust zijn van de mogelijke gevaren (watergehalte niet optimaal, geen vorstbestendigheid, zwellen, enz.).

Opmerkingen:

- Vorstbestendige grond, met een 0/63 μm -gehalte $< 12\%$ en een MBW < 2 , valt buiten het bestek van deze praktijkids. Als dat voor een onderfundering nodig is, kan zulke grond met cement worden behandeld.
- De vereiste hoeveelheden behandelingsmiddel zijn afhankelijk van de eigenschappen en reactiviteit van de grond, en van de verwachte prestaties. Een vooronderzoek naar het mengselontwerp kan deze invloeden kwantificeren.
- De tabel geeft minimumwaarden voor ongebluste kalk; het kan nodig zijn deze waarden aan het watergehalte van de grond aan te passen.
- Voor elk gehalte aan ongebluste kalk dat bij het vooronderzoek wordt toegepast, moet een nieuwe Proctorkromme worden uitgetekend, om het optimum ervan te bepalen. Bij behandeling met cement volstaat het één Proctorkromme - voor het hoogste gehalte - uit te tekenen, omdat een verandering van cementgehalte de vorm van de Proctorkromme maar weinig beïnvloedt.



Opmerkingen:

De vorstbestendigheid wordt in principe na 60 dagen beoordeeld, maar deze termijn kan worden aangepast als er gezien het tijdstip van uitvoering (voorjaar, najaar) kans is dat er vorst in de behandelde laag optreedt.

In situ ontwikkelt de sterkte van een behandelde laag zich langzamer dan bij 20 °C in een laboratorium, wat zijn invloed heeft op de relatie tussen de resultaten in het laboratorium en op de bouwplaats.

⁸ Wijze van verdichten van de proefstukken:
In principe worden de proefstukken verdicht bij het optimale watergehalte W_{NPO} volgens de normale Proctorproef (100 % NPO); de verdichtingsgraad wordt altijd in procenten van het optimum volgens de normale Proctorproef (NPO) of versterkte Proctorproef (VPO) uitgedrukt. Hij kan worden aangepast aan de dichtheden die de aannemer op de bouwplaats kan bereiken.

5 Uitvoering

Om een onderfunderingslaag van goede kwaliteit te kunnen aanbrengen, moet het baanbed het vereiste draagvermogen bezitten ($M1 \geq 17$ MPa volgens SB250 en RW99). Het baanbed moet het mogelijk maken het spreiden en het mengen goed uit te voeren, de dikte en homogeniteit van de behandelde onderfunderingslaag aan te houden, en ze doelmatig te verdichten. Daarvoor kan het soms nodig blijken het baanbed te verbeteren.

De stabilisatie kan met één middel (kalk, cement, samengesteld bindmiddel) of met twee verschillende middelen worden uitgevoerd. Als die twee middelen afzonderlijk moeten worden toegepast, wordt de grond eerst met kalk behandeld, om hem te verkrumelen en te drogen; daarna kan gemakkelijker cement worden ingemengd. Op die manier kan een homogeen mengsel worden verkregen.

De twee behandelingen kunnen op dezelfde dag plaatsvinden, met tussentijds effenen van de laag. De wachttijd tussen de voorbehandeling met kalk en de behandeling met cement hangt van de werkorganisatie op de bouwplaats af.

De dikte van de gespreide laag mag niet groter zijn dan de mogelijkheden van de menger en het verdichtingsmaterieel.

Spreiden

1) Spreiden in een strooilaag.

Het behandelingsmiddel⁹⁾ (kalk volgens norm NBN EN 459 en de standaardbestekken SB250/RW99/TB2000 en/of cement volgens norm EN 197-1, bindmiddel volgens ENV 13282) wordt gelijkmatig over het te behandelen oppervlak gespreid.

2) Behandeling in een dicht bij of verder van de bouwplaats gelegen installatie

Het behandelingsmiddel wordt meteen in het materiaal gemengd.

In beide gevallen mag de dosering niet meer dan ± 10 % van de voorgeschreven hoeveelheid afwijken. De stofproductie tijdens het spreiden moet zoveel mogelijk worden beperkt.

Mengen

Het mengen vindt in een installatie of in een strooilaag plaats.

Mengen in een installatie heeft in het algemeen de volgende voordelen:

- betere homogeniteit van het mengsel;
- minder stofontwikkeling.

Daartegenover kan met mengen in een strooilaag een hoger rendement worden gehaald op bouwplaatsen die zich daarvoor lenen, dit wil zeggen op grote oppervlakken zonder obstakels (zoals buizen, inspectieputten, enz.).

Bij behandeling in een strooilaag wordt de te behandelen laag grond na het uitstrooien met het behandelingsmiddel gemengd totdat het mengsel over de hele oppervlakte en de hele behandelde laagdikte homogeen is (wat te zien is aan een gelijkmatige kleur en structuur). Alleen mixers met bewegend gereedschap kunnen de laag voldoende homogeen maken.

Het mengen vindt onmiddellijk (binnen een kwartier) na het spreiden plaats, om wegwaaien van behandelingsmiddel (en, bij kalkbehandeling, verlies van reactiviteit) te voorkomen. Het watergehalte van de grond moet na de behandeling overeenstemmen met het optimum dat in het laboratorium is bepaald. Indien nodig moet het watergehalte worden aangepast. Toevoeging van water - nadat het oppervlak is losgewoeld als de kleihoudendheid van de grond het vraagt - dient daags voor de behandeling plaats te vinden, opdat de grond het water kan opnemen (zeer kleihoudende grond kan daarvoor meer tijd nodig hebben).

Er wordt gemengd in opeenvolgende, naast elkaar liggende langsstroken. Elke strook overlapt de vorige met ten minste 10 cm. Als het werk in opeenvolgende vakken wordt uitgevoerd, moeten deze vakken elkaar voldoende overlappen, opdat de plaatsen waar de pulvimixer stopte/aanzette geen zwakke plekken in de constructie vormen.

Tijdens het mengen dient de stofproductie zoveel mogelijk te worden beperkt.

Verdichten

De verdichting van de behandelde grond vergt bijzondere aandacht. De laag wordt tot de geëiste dichtheid verdicht. Het aantal werkgangen en de aangewezen verdichtingsmachines hangen van de grondsoort af.

Bij schilfering aan het oppervlak van de gestabiliseerde laag moeten het verdichtingsmateriaal (combinatie van trilwals en bandenwals) en de verdichtingsenergie worden aangepast. Het watergehalte moet daarbij behouden blijven. Na de verdichting moet het oppervlak zorgvuldig worden genivelleerd.

Bij cementstabilisatie moet het verdichten binnen twee uren na het mengen voltooid zijn.

Gestabiliseerde 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. Dit nivelleren moet onmiddellijk na de verdichting plaatsvinden.

Beschermen

De laag wordt in twee fasen tegen uitdroging beschermd:

- eerst wordt het oppervlak van het behandelde materiaal licht met water besproeid. Dit besproeien vindt onmiddellijk na het afwalsen plaats;
- dan wordt, ten laatste op het einde van de werkdag, op de funderingslaag 1 l/m² bitumenemulsie type B aangebracht en met 3 kg/m² zand afgestrooid.

Bij behandeling met cement wordt de wachttijd voor de ingebruikneming van de laag vastgesteld in het vooronderzoek; als eis geldt dat de druksterkte $R_c > 1$ MPa.

6 Controles

Keuring van het gebruikte behandelingsmiddel

Bij de levering worden de leveringsbonds nagekeken en wordt nagegaan of het middel aan de bestekseisen voldoet.

Na de opslag wordt, als het om kalk gaat, nagegaan of de reactiviteit T60 en het gehalte aan vrij CaO aan de bestekseisen voldoen.

Controle op de uitvoering

Het spreiden wordt steekproefsgewijs gecontroleerd door op een aantal punten een zeil van 0,5 m² te leggen en het behandelingsmiddel dat op dat zeil is terechtgekomen, te wegen. Een algemene controle is mogelijk door 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, maar nog niet verdichte laag.

De laagdikte na verdichting wordt nagegaan door gaten in de behandelde laag te maken of er een staaf in te steken. Bij twijfel kan de kleuromslag van een fenolftaleïne-oplossing, die op een doorsnede van de onderfundering is aangebracht, de grens tussen behandelde en onbehandelde grond aangeven.

Controles op de menging: er zijn verscheidene proeven beschikbaar om te controleren of de menging goed is uitgevoerd (mengdiepte, homogeniteit van het mengsel). Voor een beschrijving van deze proeven verwijzen wij naar het theoretische naslagwerk A74/04 «Handleiding van grondbehandeling met kalk en/of cement».

Keuring van het mengsel

In een laboratorium worden normale-Proctorproefstukken vervaardigd en bij 20 °C in een luchtdichte verpakking bewaard.

Na 60 d wordt van drie proefstukken de sterkte bepaald. Het gemiddelde moet voldoen aan het volgende criterium:

$$R_{it} > 0,25 \text{ MPa}$$

Bij stabilisatie met kalk alleen geldt de eis:

$$R_c > 2,5 \text{ MPa}$$

Controle op de verdichting

Aan het oppervlak: plaatbelastingproef binnen de termijn die het bestek voorschrijft:

- de samendrukbaarheidsmodulus M1 moet > 35 MPa zijn (SB250, RW99).

Als de resultaten niet voldoen, mag de gestabiliseerde laag niet opnieuw worden verdicht indien zij gebonden is met cement. Er blijven dan drie mogelijkheden:

- de evolutie op korte termijn volgen (bij lage temperatuur);
- de opbouw van de constructie aanpassen;
- de gestabiliseerde laag verwijderen.



7 Normen

NBN EN 1097-5

Beproevingsmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen - Deel 5: Bepaling van het watergehalte door drogen in een geventileerde oven.

NF P 94-049-1

Sols: Reconnaissance et essais - Détermination de la teneur en eau pondérale des matériaux
Partie 1: Méthode de la dessiccation au four à micro-ondes.

NBN 589-207 § 4

Proeven op bouwzand - Gehalte aan organische stoffen.

NBN EN 933-9

Beproevingsmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen
Deel 9: Beoordeling van fijn materiaal - Methyleenblauwproef.

prEN 13286-47

Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 47 Test methods for the determination of California Bearing Ratio (CBR), Immediate Bearing Index (IBI) and linear swelling.

NBN EN 1610

Aanleg en testen van rioleringen en afvalwaterleidingen.

NBN EN 197-1

Cement - Deel 1: Samenstelling, specificatie en overeenkomstigheidscriteria voor gebruikelijke cementsoorten.

NBN EN 459-1

Bouwkalk - Deel 1: Definities, specificaties en conformiteitscriteria.

NBN EN 459-2

Bouwkalk - Deel 2: Beproevingsmethoden.



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