

3



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Praktijkgids

Verbetering van grond
bij grondwerken
en voor het baanbed



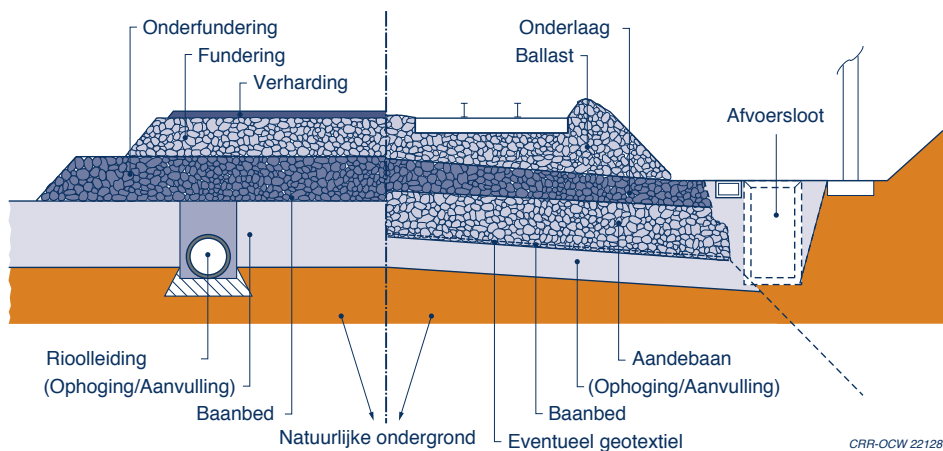
Aanvulling op Handleiding A 74/04

Inhoud

Inleiding	2
1. Representatieve monsterneming	4
2. Bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen	5
3. Onderzoek van de monsters	6
$D_{\max} \leq 50$ mm	7
$D_{\max} > 50$ mm	8
4. Vooronderzoek naar de mengsamenstelling	9
Vereenvoudigde analyse voor bouwplaatsen van minder dan 5000 m ³	11
Noodzakelijkheid van behandeling, naar gelang van het draagvermogen	12
5. Uitvoering	13
5.1. Behandeling op het werk zelf	13
5.2. Behandeling in een vaste of mobiele installatie	14
5.3. Verdichten	14
5.4. Opslag van behandelde grond	15
6. Controles	16
7. Normen	17

1 Inleiding

Bij de uitvoering van grondwerken en het maken van het baanbed voor een weg of spoorweg blijkt ter plaatse beschikbare, fijne grond die watergevoelig en/of te nat is vaak moeilijk te hergebruiken. Deze grond moet dan met een "bindmiddel" worden behandeld om hergebruik mogelijk te maken. Behandelen is meestal een goedkoper alternatief voor de aanvoer van nieuwe, kostbare materialen. De toevoeging van een behandelingsmiddel maakt de grond beter berijdbaar voor verkeer en ook beter verdichtbaar, waardoor een correcte verwerking mogelijk wordt. Het behandelingsmiddel bezorgt de grond bovendien onmiddellijk draagvermogen, dat met verloop van tijd behouden blijft of zelfs toeneemt. 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. Op de markt zijn tegenwoordig samengestelde bindmiddelen (kalk en cement - zie de Handleiding, § II.2.3.) verkrijgbaar, maar door gebrek aan ervaring met deze producten kunnen wij vooralsnog geen oordeel uitspreken over de duurzaamheid van de prestaties van grond die ermee is behandeld. Wij beperken ons dan ook tot de twee welbekende behandelingsmiddelen (kalk en cement) en tot de zogenoemde «hydraulische bindmiddelen voor wegenbouw» (zie de Handleiding, § II.2.4), die genormaliseerd zijn, maar waarmee in België nog maar weinig ervaring is opgedaan.



Deze praktijkgids stelt een operationele aanpak van grondbehandeling voor. Aan de hand van blokschema's kan daarbij snel worden uitgemaakt of grondverbetering 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 en de beschouwde locatie geldt.

De verschillende fasen bij het behandelen van grond voor toepassing bij grondwerken of in het baanbed van een weg of spoorweg zijn:

Vóór de uitvoering:

- 1) Representatieve monsterneming.
- 2) Bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen.
- 3) Onderzoek van de (in homogene groepen samengebrachte) monsters door middel van onderkeningsproeven:
 - «vereenvoudigde» korrelverdeling:
 - D_{max} (maximale korrelgrootte);
 - doorval door een zeef van 2 mm;
 - doorval door een zeef van $63 \mu m$;
 - natuurlijk watergehalte van de grond;
 - methyleenblauwwaarde (MBW) (een onrechtstreekse maat voor het kleigehalte);
 - gehalte aan organische stoffen (OS), sulfaten, enz.
- ➡ Indeling van de materialen en bepaling van de geschiktheid voor behandeling.
- 4) Vooronderzoek naar de mengselsamenstelling: bepaling van de optimale hoeveelheid behandelingsmiddel om de beoogde kenmerken te verkrijgen.

Tijdens de uitvoering:

- 5) Uitvoering: spreiden - mengen - verdichten.

Na de uitvoering:

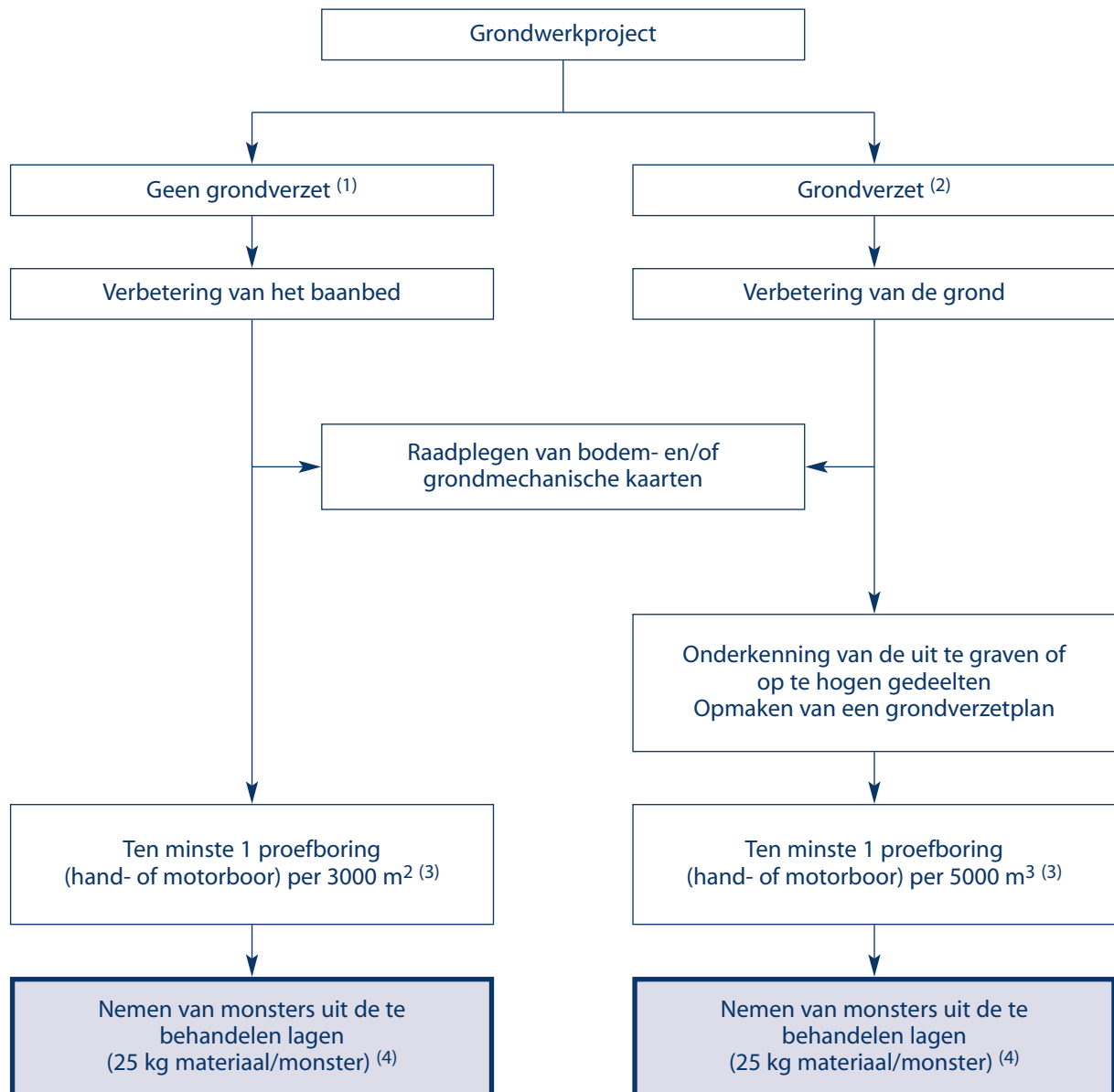
- 6) Controles:
 - controle op de uitvoering;
 - keuring van het mengsel van grond en behandelingsmiddel;
 - controle op de verdichting;
 - controle op het draagvermogen.

Voor de hiernavolgende blokschema's geldt:

 uit te voeren door een door de opdrachtgever aanvaard laboratorium;

 bepaling van de geschiktheid voor verbetering.

1 Representatieve monsterneming



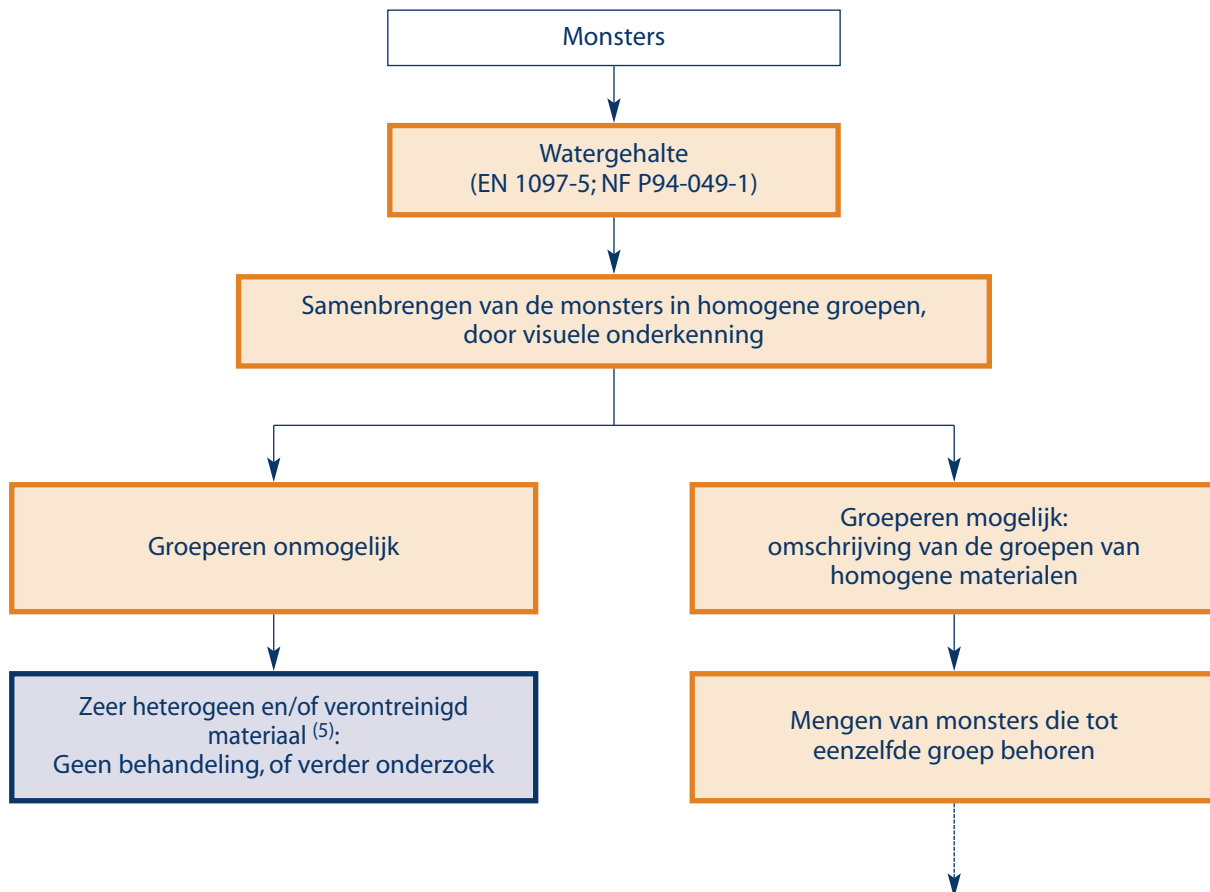
¹ Het baanbed wordt gemaakt zonder op te hogen.

² Er moet worden uitgegraven en opgehoogd om de weg aan te leggen.

³ 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.

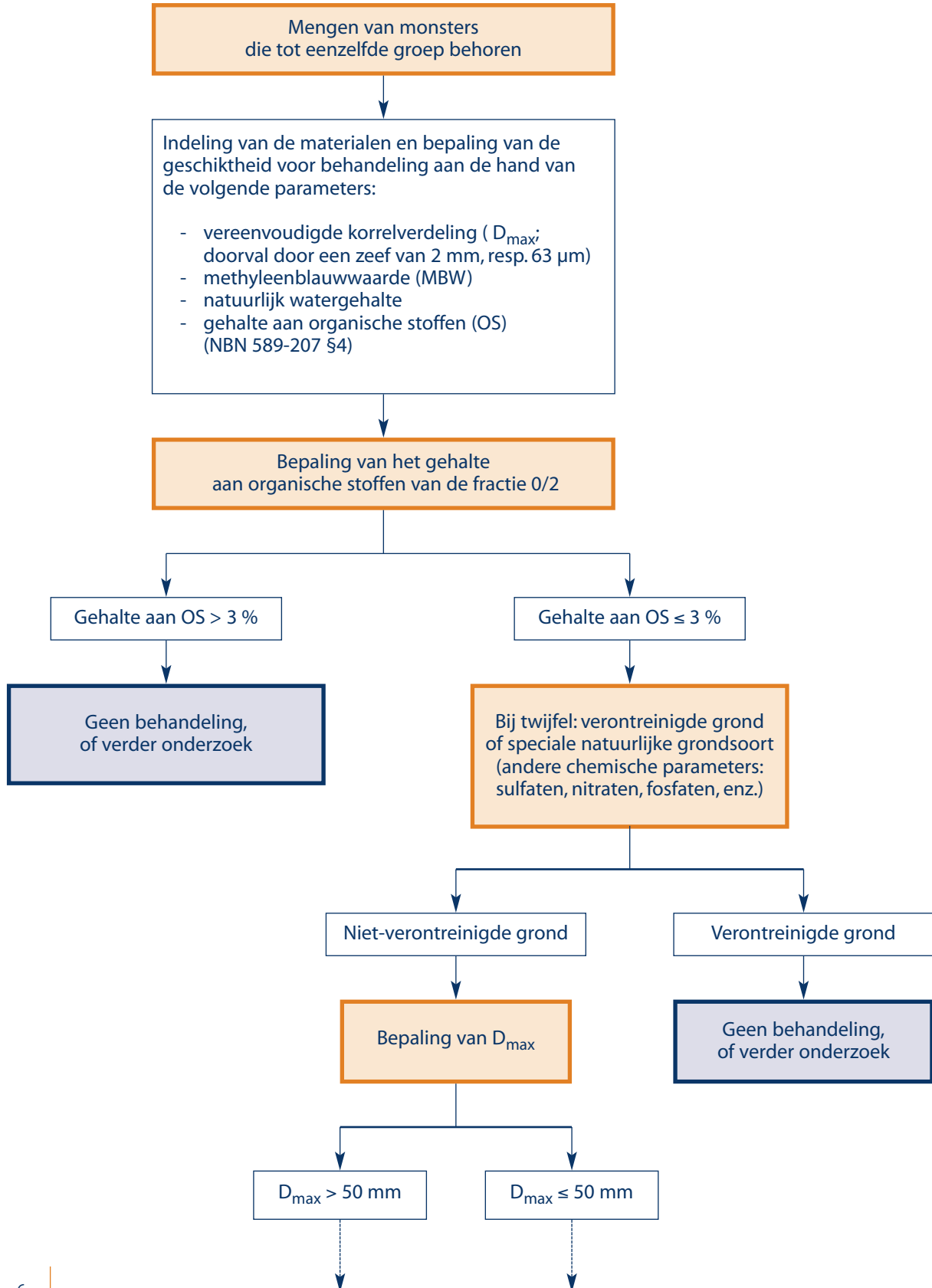
⁴ Er moeten voldoende monsters worden genomen om de verschillende hierna beschreven proeven te kunnen uitvoeren. Per grondsoort is voor de verschillende onderzoeken in het laboratorium (onderkenningproeven en vooronderzoek naar de mengsamenstelling) ongeveer 200 nodig.

2 Bepaling van de homogeniteit of heterogeniteit van de materialen



⁵ Een verontreinigd 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.

3 Onderzoek van de monsters



$D_{\max} \leq 50 \text{ mm}$ ⁶⁾

Doorval door een zeef van 63 μm

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

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

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

Bepaling van de methyleenblauwwaarde (MBW)
(NBN EN 933-9)

$VBS \leq 25$

$25 < VBS \leq 60$

$60 < VBS \leq 80$

$VBS \leq 15$

$VBS > 15$

$VBS > 2$

$VBS \leq 2$

Weinig kleihoudende fijne grond

Kleihoudende fijne grond

Sterk kleihoudende fijne grond

Leemhoudend zand of grindzand

Kleihoudend tot sterk kleihoudend zand of grindzand

Doorval door een zeef van 2 mm

Waterbestendig zand of grindzand

Geschikt voor behandeling (kalk, cement, gecombineerd)

Geschikt voor behandeling (kalk)

Geschikt voor behandeling (kalk)

Geschikt voor behandeling (kalk, cement, gecombineerd)

Geschikt voor behandeling (kalk)

Geschikt voor behandeling (kalk, cement, gecombineerd)

Geen behandeling nodig (waterbestendig)

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

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

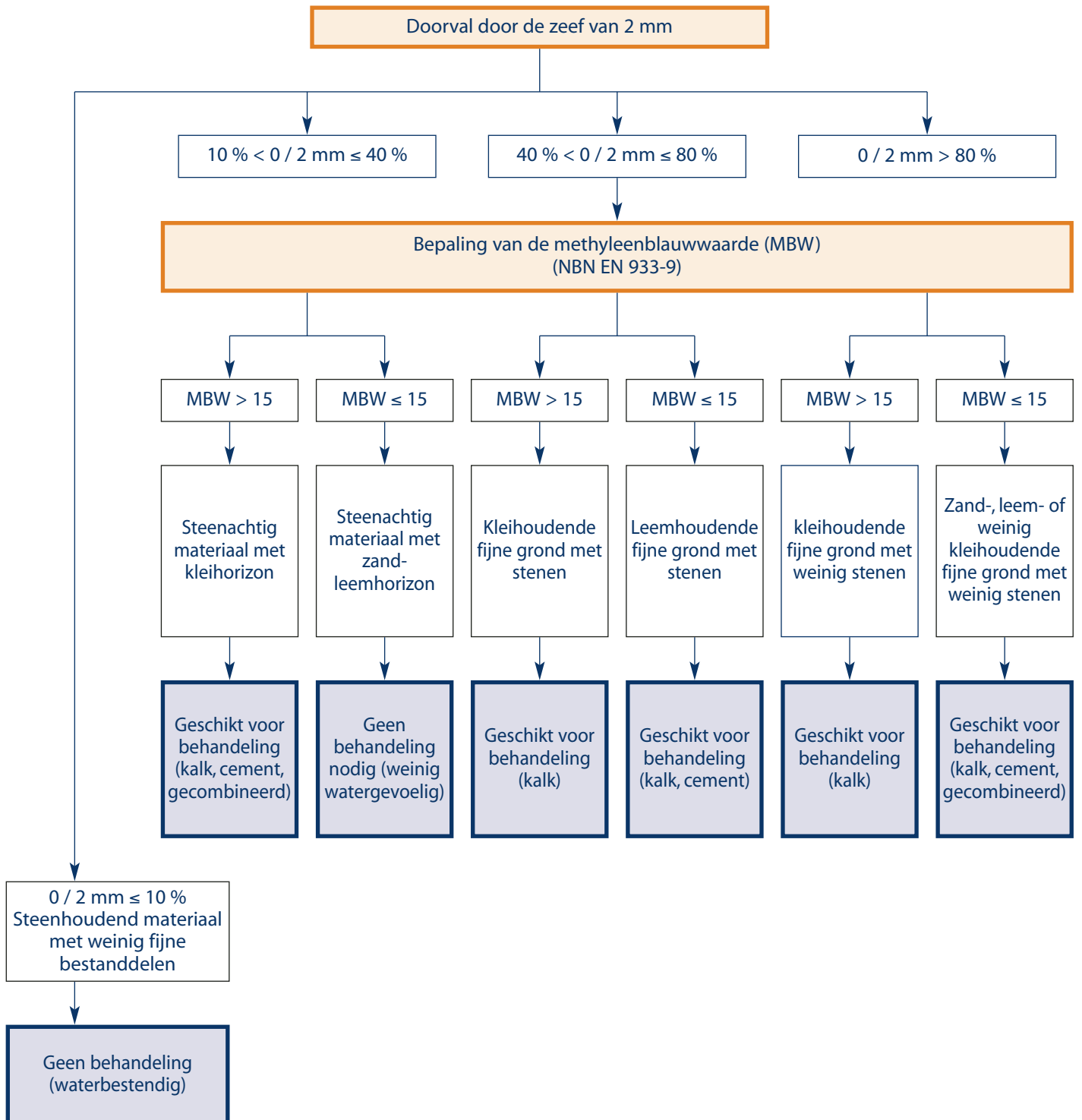
kleihoudend grindzand of grof zand

kleihoudend zand

Geschikt voor behandeling (kalk, cement, gecombineerd)

⁶⁾ Dit schema steunt op de aanbevelingen van de "Guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme - Fascicule II: Annexes techniques", LCPC-SETRA, september 1992.

$D_{\max} > 50 \text{ mm}$



4 Vooronderzoek naar het mengselontwerp

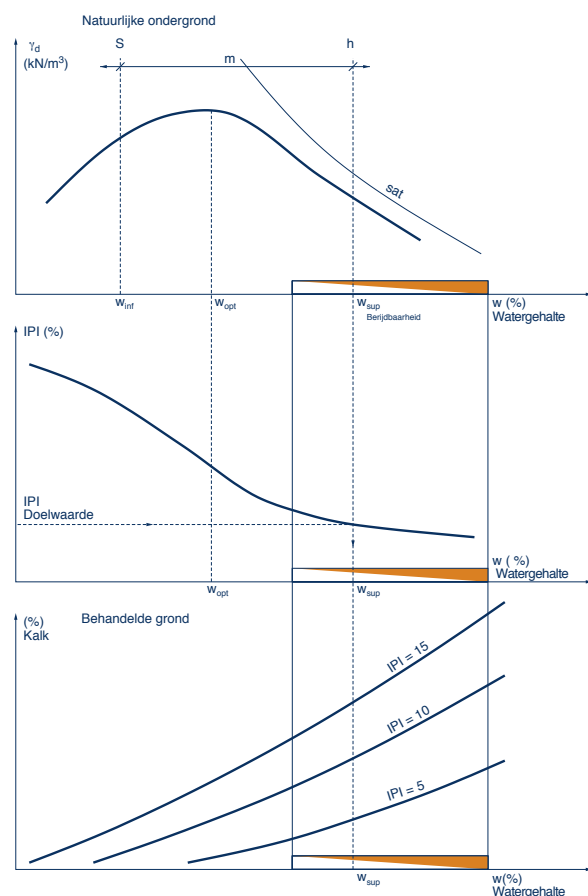
Dit vooronderzoek bestaat erin, verschillende hoeveelheden behandelingsmiddel aan de grond toe te voegen en na elke toevoeging de prestaties van de grond te bepalen, in het variatiegebied van op de bouwplaats te verwachten watergehaltes.

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 (draagvermogen, dichtheid, enz.) te verkrijgen.

Bepaling van de grafieken

Een vooronderzoek omvat verscheidene fasen:

1. Van het onbehandelde materiaal worden bepaald:
 - de normale Proctorkromme (minstens vijf punten in het op de bouwplaats verwachte variatiegebied);
 - de draagvermogenindex (CBR bij toepassing in een baanbed, IPI bij toepassing in een ophoging), aan de proefstukken die gebruikt zijn om de Proctorkromme te bepalen.
2. In combinatie met drie verschillende kalkdoseringen (meestal 1, 2 en 3 % van het droge gewicht van de grond) worden vier watergehaltes gekozen, in het variatiegebied dat op de bouwplaats verwacht wordt. Twee uren na het mengen worden de monsters, die in een hermetisch gesloten verpakking zijn bewaard, verdicht met de energie van de normale Proctorproef.
3. Aan elk proefstuk wordt onmiddellijk na de verdichting de CBR- of de IPI-waarde bepaald.



Dit maakt het mogelijk, voor elke kalkdosering een kromme uit te tekenen die de verandering van de CBR- of de IPI-waarde met het watergehalte bij verdichting aangeeft.

Als de weersomstandigheden bij de uitvoering van het werk gunstig zijn (wind, droog weer en zonschijn), kan tussen het mengen en het verdichten wat langer worden gewacht om het effect van de verdichting te vergroten door het watergehalte extra te laten dalen.

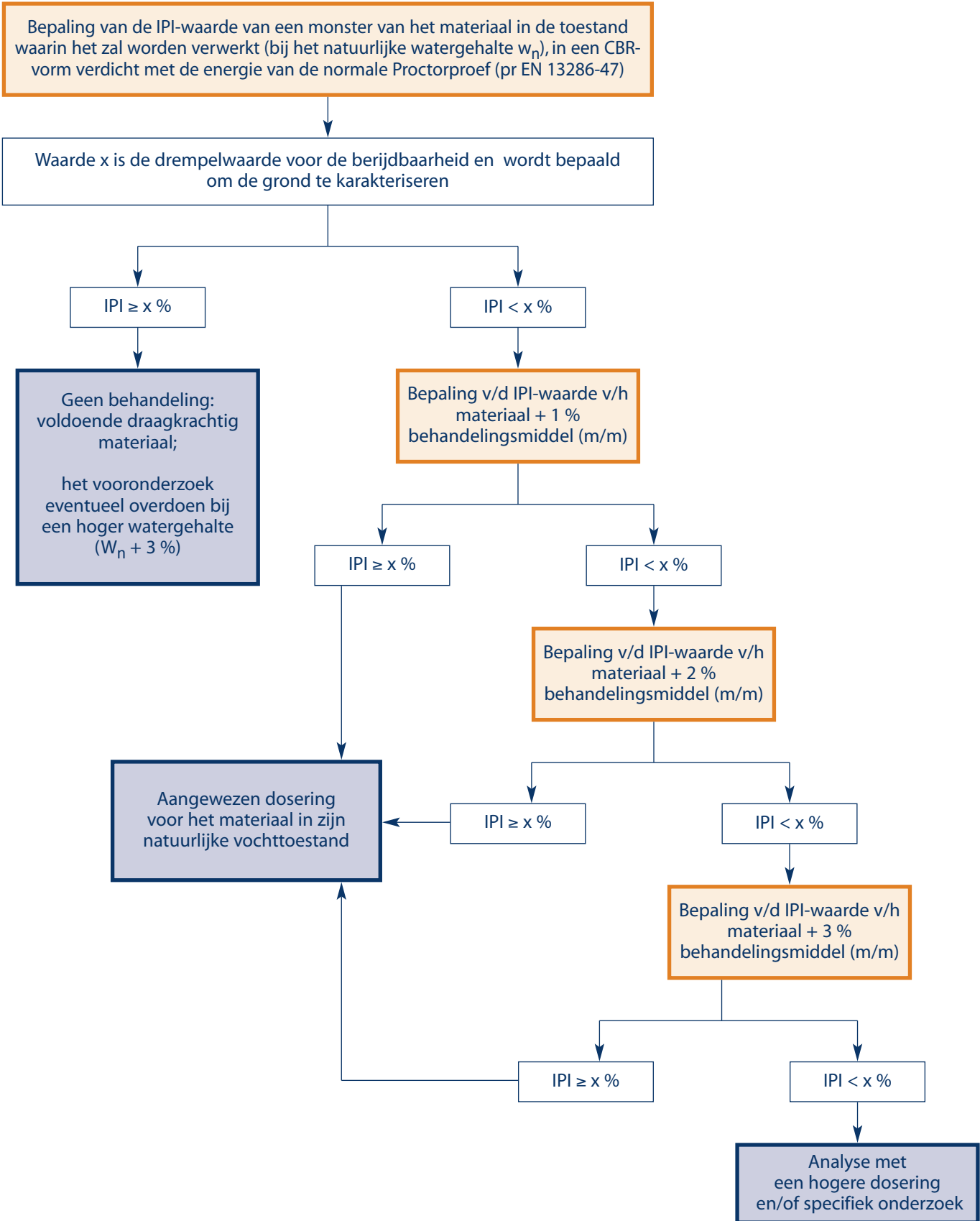
Keuze van CBR/IPI

Voor gewone ophogingen wordt de IPI-waarde gebruikt. Dit is de parameter voor het vermogen van bewerkte grond of bewerkt materiaal om onmiddellijk verkeer van bouwmachines te dragen.

Voor een toepassing in een baanbed wordt de CBR-waarde⁽⁷⁾ gebruikt. Deze karakteriseert het vermogen van het verdichte materiaal om de constructie te dragen die op de verdichte laag moet komen.

Draagvermogen op langere termijn: om behoud van de prestaties voor het onmiddellijke draagvermogen (IPI) te waarborgen, moet de factor $\text{CBR}_{4d \text{ onderdampeling}} / \text{IPI}$ groter zijn dan of gelijk aan 1.

Vereenvoudigde analyse voor bouwplaatsen van minder dan 5000 m³



Noodzakelijkheid van behandeling, naar gelang van het draagvermogen

1. De streefwaarden voor **ophogingen** zijn aangegeven in de onderstaande tabel 1⁽⁸⁾.

Tabel 1: Streefwaarden bij behandeling van te natte grond voor toepassing in een ophoging

Grondsoort(en)	IPI-waarden waaronder behandeling te overwegen valt	Te verkrijgen IPI-waarden van het behandelde materiaal	IPI-waarden waarboven de behandeling mag worden stopgezet (of met een lagere dosering mag worden voortgezet)
Weinig kleihoudende fijne grond Kleihoudende fijne grond met stenen Zand-, leem- of weinig kleihoudende grond met weinig stenen	8	10 tot 20	15 tot 25
Kleihoudende fijne grond Kleihoudend tot sterk kleihoudend zand of grindzand Leemhoudende fijne grond met stenen Kleihoudende fijne grond met weinig stenen	5	7 tot 15	10 tot 20
Sterk kleihoudende fijne grond	3	5 tot 10	8 tot 15
Leemhoudend zand of grindzand Kleihoudend zand Steenhoudend materiaal met kleihorizon	12	15 tot 30	20 tot 40
Kleihoudend grindzand of grof zand	15	20 tot 40	40 tot 50

2. Voor het **baanbed** van een weg of spoorweg

wordt het draagvermogen na het graafwerk gemeten met behulp van een plaatbelastingsproef. Als het geen 17 MPa haalt, dient in het laboratorium naar een betere samenstelling te worden gezocht.

Er worden dan in het laboratorium CBR-proefstukken vervaardigd en met de energie van de normale Proctorproef verdicht, om na te gaan welk behandelingsmiddel in welke hoeveelheid moet worden toegepast om een CBR-waarde van minstens 20 te verkrijgen

Draagvermogen op langere termijn: om behoud van de prestaties voor het onmiddellijke draagvermogen (IPI) te waarborgen, moet de factor $CBR_{4d \text{ onderdompeling}} / IPI$ groter zijn dan of gelijk aan 1.

12 ⁸ Deze tabel steunt op de aanbevelingen van de «Guide technique de traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques», LCPC-SETRA, januari 2000.



5 Uitvoering

De menging van de te verbeteren grond met een behandelingsmiddel vindt plaats in een vaste of mobiele installatie, of in een strooilaag op het werk zelf.

Het behandelingsmiddel⁹⁾ is kalk volgens norm NBN EN 459 in de klasse die voldoet aan de eisen van de standaardbestekken SB250 / RW99 / TB2000, cement volgens norm EN 197-1 of een bindmiddel volgens norm ENV 13282.

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

5.1. Behandeling op het werk zelf

5.1.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.

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

Bij neerslag moet het strooien worden stopgezet.

5.1.b. Mengen

De 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 structuur).

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

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.

Tijdens het mengen dient de stofproductie zoveel mogelijk te worden 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 wordt de menging zo spoedig mogelijk voltooid, waarna de laag afgewalst wordt.

⁹⁾ 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).

5.2. Behandeling in een vaste of mobiele installatie

5.2.a. Dosering

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.

5.2.b. Mengen

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

5.2.c. Opslag

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

5.3. Verdichten

Het aantal werkgangen dat nodig is om een mengsels van grond en behandelingsmiddel te verdichten, is afhankelijk van de grondsoort, de laagdikte en de soort van verdichtingsmachine.

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.

Het is raadzaam de laagdikte tot **30 cm** te beperken, om de eisen voor de verdichtingsgraad en het draagvermogen te halen. Deze laagdikte mag worden vergroot als het bedrijf bewijst over verdichtingsmiddelen te beschikken die dikkere lagen aankunnen (45 cm is het maximum).

De standaardbestekken (SB250, RW99, TB2000, enz.) kunnen ook de dikte van de behandelde laag en de wachttijd voor de verdichting voorschrijven.

Lagen die met cement zijn behandeld, moet binnen twee uren na het begin van de menging worden verdicht en genivelleerd.

Op het einde van een werkdag verdient het aanbeveling het oppervlak dicht te rollen met een gladde wals of een bandenwals. Er moeten maatregelen worden genomen om regenwater af te voeren.

5.4. Opslag van behandelde grond

Bij behandeling met cement moet het mengsel onmiddellijk na de inmenging van het cement worden verdicht.

Bij behandeling met kalk is het bij droog weer aan te raden het mengsel enige tijd (meestal 1 tot 3 h) te laten verluchten, om water te laten uitdampen. Deze verluchtingstijd hangt mede van de organisatie van het werk af.

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

De opslagplaats voor behandelde grond moet voorzien zijn van een goede hemelwaterafvoer, om 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 en indien nodig door middel van een bijkomende behandeling worden aangepast, om het op de optimale waarde te brengen die in de ontwerpfase is bepaald.

6 Controles

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

Keuring van het behandelingsmiddel

Bij de levering

De leveringsbonds en de certificatiemerken (BENOR, CE-markering) nakijken. Nagaan of het middel voldoet aan de eisen van het bijzonder bestek en overeenstemt met het vooronderzoek in het laboratorium. De parameters nameten als het middel niet conform is (zie de geldende bestekken en normen).

Na de opslag:

Voor kalk: de reactiviteit T60 en het gehalte aan vrije kalk nagaan (zie de bestekken).

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 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, 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 de grens tussen behandelde en onbehandelde grond aangeven (zie praktijkgids 2, voor onderfunderingen).

Eventueel:

- Controles op de menging⁽¹⁰⁾: 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».
- Controle op het draagvermogen⁽¹⁰⁾: een monster behandelde grond wordt met de energie van de normale Proctorproef verdicht en de IPI- of CBR-waarde wordt bepaald. Dit dient bij elke verandering van dosering te gebeuren.

Controle op de verdichting

- Plaatbelastingsproef binnen de termijnen die de bestekken voorschrijven (aan het oppervlak van elke verdichte laag):
 - ophogingslichaam: de samendrukbaarheidsmodulus M1 moet ≥ 11 MPa zijn;
 - laatste meter van grondwerk en baanbed: de samendrukbaarheidsmodulus M1 moet ≥ 17 MPa zijn.
- Slagsonde:
 - lichte slagsonde van het OCW: indringing < 40 mm/slag.
 - Panda:
 - verdichtingsgraad > 95 % van het NPO in ophogingslichamen;
 - verdichtingsgraad > 98 % van het NPO in de laatste meter van grondwerk.

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 hoofdstuk 2 § 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 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.

NF P 94-093

Sols: reconnaissance et essais: Détermination des références de compactage d'un matériau - Essai Proctor Normal - Essai Proctor Modifié.

NF P 94-078

Sols: reconnaissance et essais: Indice CBR après immersion - Indice CBR immédiat - Indice portant immédiat - Mesure sur l'échantillon compacté dans le moule CBR.



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