

BIJLAGE RAPPORT 1

Introductie en werkwijze per bouwkuipmethode



INHOUDSOPGAVE

1 STALEN DAMWANDEN.....	3
1.1 Introductie	3
1.2 Werkwijze/uitvoering	3
2 CUTTER SOIL MIX	5
2.1 Introductie	5
2.2 Werkwijze/uitvoering	5
3 DIEPWANDEN.....	7
3.1 Introductie	7
3.2 Werkwijze/uitvoering	7
4 JETGROUTING	8
4.1 Introductie	8
4.2 Werkwijze/uitvoering	8
5 ONDERWATERBETON	9
5.1 Introductie	9
5.2 Werkwijze/uitvoering	9
6 WATERGLASINJECTIE	11
6.1 Introductie	11
6.2 Werkwijze/uitvoering	11

1 STALEN DAMWANDEN

1.1 Introductie

Een damwand is een grond- en/of waterkerende constructie, die bestaat uit een verticaal in de grond geplaatste damwandplank. Een damwand kan voor verschillende doeleinden worden gebruikt. De damwanden kunnen worden toegepast voor grondkerende constructies, zoals: bouwkuipen, kademuuren, havenwerken, sluizen, geleidewerken en oeverbeschermingen van rivieren en kanalen. In dit hoofdstuk worden stalen damwanden verder toegelicht. Dit omdat een stalen damwand vaak wordt toegepast.



Staal is een materiaal dat al meer dan 100 jaar gebruikt wordt als constructiemateriaal en beschikt over goede eigenschappen zoals: hoge treksterkte, hoge buigstijfheid, goede lasbaarheid, hergebruik en korte bouwtijd.

Een stalen damwand is in de eerste plaats een grondkerende constructie. Door het lassen van de sloten en/of injecteren van een gelmengsel, kan de waterdoorlatendheid tot een minimum beperkt worden.

Er bestaan twee verschillende damwandplanken, namelijk koud- en warmgewalste damwandplanken. Daarnaast bestaan er U-profielen, Z-profielen en Platteprofielen. Op deze verschillende damwandplanken en damwandprofielen wordt in dit hoofdstuk niet verder ingegaan.

1.2 Werkwijze/uitvoering

Stalen damwanden kunnen op diverse manieren in de grond gebracht worden. Hieronder volgt een opsomming en uitleg van de verschillende methodes.

1.2.1 Methode trillen

Intrillen van damwanden is de meest effectieve en goedkoopste methode om damwandplanken te plaatsen. Een hoogfrequentie trilblok veroorzaakt een sinusvormige verticale belasting op de damwand. Ditzelfde blok heeft daarnaast een zware massa. Deze combinatie zorgt ervoor dat de grond onder de damwand zijn draagkracht verliest, waardoor de damwand naar beneden zakt. De trillingen worden deels door de omliggende grond opgenomen en kunnen verzakkingen in de omgeving veroorzaken.



Als het intrillen van de damwandplakken moeilijk verloopt, kunnen er maatregelen worden getroffen. Deze maatregelen zijn o.a. voorboren, voorspuiten of fluideren.

- Voorboren is een traditioneel hulpmiddel, waarbij door middel van een avegaar de grond wordt los gewoeld.
- Bij spuiten wordt gebruik gemaakt van een losse spuitlans, waardoor water met een druk van 4 tot 8 bar in de grond wordt gespoten.
- Fluideren is een vorm van spuiten, waarbij met een druk van 20 bar, vanaf de voet van de damwand, water wordt gespoten door een vastgelaste spuitlans.

Deze maatregelen hebben een lossere grondpakking tot gevolg, waardoor de kans op verzakkingen in de omgeving wordt vergroot. Deze maatregelen worden in dit hoofdstuk en in het hoofdrapport niet verder uitgewerkt.

De te behalen diepte met hoogfrequent trillen bedraagt maximaal 21 meter.

1.2.2 Methode heien

Heien is het herhaaldelijk slaan op de damwand met een hoge belasting, waardoor de wand in de grond wordt geslagen. Tijdens het heien bezwijkt de grond onder de damwand, waardoor deze bij iedere slag naar beneden zakt. Met heien kunnen dieptes worden bereikt tot 36 meter. Deze methode veroorzaakt geluidsoverlast. Daarnaast veroorzaakt deze methode (zware) trillingen. De methode van heien is goedkoper dan de methode van drukken, maar duurder dan de methode van trillen.

Het voordeel van heien is dat de damwandplanken vrijwel altijd op diepte komen.

1.2.3 Methode drukken

Wanneer trillingen en/of geluid te veel overlast veroorzaken, of wanneer er niet getrild kan worden, is de methode van drukken een mogelijkheid. Dit drukken gebeurt door een enkelvoudige of meervoudige drukmachine.

Bij de enkelvoudige methode, klemmt de drukmachine (silent piler) zich vast aan de reeds in de grond gebrachte damwandplanken en ontleent daaraan de reactiekracht, die nodig is voor het inbrengen van de volgende plank. Met een hulpkraan worden de damwandplanken in de machine gebracht.

Bij de meervoudige methode wordt de drukmachine gemonteerd aan een kraan. Een damwand scherm dat bestaat uit 3 of 4 damwandplanken wordt onder de drukmachine getrokken. Het drukken begint met één van de middelste damwandplanken, daarna volgen de andere. De reactiekracht wordt verkregen uit het eigen gewicht van de kraan en, als de damwandplanken ver genoeg zijn ingebracht, uit de reactiekracht van deze planken. Dit wordt telkens herhaald, totdat alle planken op niveau zijn.

Bij de methode van drukken ontstaan minder snel deformaties in de omgeving, dan bij de methode van heien of trillen.

De inbrengdiepte die met deze methode bereikt kan worden, is beperkt ten opzichte van de andere methoden.

De diepte die bereikt kan worden bij het drukken van een damwandplank bedraagt maximaal 19 meter. De beperkte mogelijkheid van deze methode, samen met de veel hogere kosten, is de reden dat deze methode minder wordt toegepast. Drukken is de duurste methode.



2 CUTTER SOIL MIX

2.1 Introductie

Een Cutter Soil Mix wand is een grond- en waterkerende constructie op basis van bodeminjectie. Het doel van de bodeminjectie is, om de eigenschappen van de grond zodanig te veranderen, dat deze een constructieve functie krijgt. De aanwezige grond wordt door middel van een holle stang en een mix-freeskop gemengd met een rijke cementspecie. De injectievloeistof en de aanwezige grond, zullen zich mengen en stabiliseren, zodat er een vast geheel verkregen wordt. De sterkte van de constructie is afhankelijk van de aanwezige grondslag en de samenstelling van het injectiemiddel. Het voordeel van dit systeem is dat de grond- en waterkering trillingsvrij, zonder grondverdringing en zonder grondontspanning wordt aangebracht. Daardoor kan er vlak naast belendingen worden gewerkt, zonder risico's op zetting- en trillingschade.

Naast CSM wanden bestaan er ook Mixed in Place wanden. Het principe van beide methoden is hetzelfde, behalve de wijze waarop ze worden aangebracht en de diepgang. Bij CSM wanden wordt gebruik gemaakt van een mix-freeskop. Bij MIP wanden wordt gebruik gemaakt van 3 direct naast elkaar geplaatste avegaarboren, waardoor de bestaande grondslag wordt gemengd met een rijke cementspecie. Door gebruik te maken van deze methode, wordt de samenstelling van de wand homogener, maar kan maximaal een diepte bereiken van 17,5 meter. Bij CSM bedraagt de maximale diepte 21 meter. In dit rapport worden beide methoden samengevoegd tot CSM wanden, omdat ze vrijwel identiek zijn.



2.2 Werkwijze/uitvoering

Het aanbrengen van CSM wanden gaat als volgt: door middel van een holle stang met daaraan een mix-freeskop die bevestigd is aan een rupskraan, wordt de aanwezige grond losgemaakt en gemengd met een rijke cementspecie. De mix-freeskop bestaat uit 4 freeswielen, 2 aan elke kant. De totale lengte van de freeskop is 2,40 meter. De breedte kan variëren van 0,55 m tot 1,0 m.

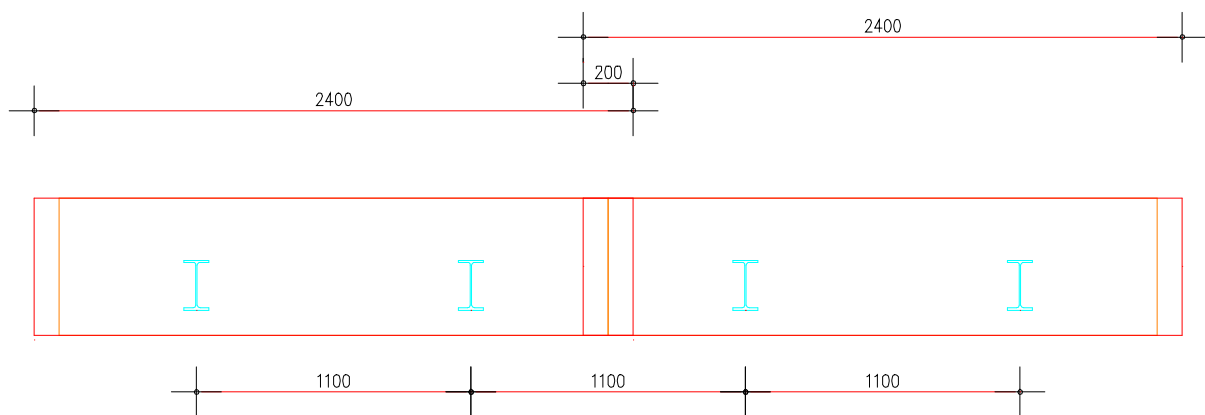
De specie wordt onderaan de mix-freeskop met hoge druk tussen de freeswielen geïnjecteerd. Door de roterende werking van de freeswielen, wordt de grond losgemaakt en gemengd. Doordat er gefreesd wordt, vormen lagen zoals vastgepakt zand, mergel of grind geen probleem.

De wand wordt gecreëerd door primaire- en secundaire moten. Als eerste worden de primaire moten gefreesd en gemengd. Nadat de stekken zijn gemengd wordt de wapening aangebracht. Dit zijn stalen profielen met een berekende sterkte.

Tussen de primaire moten wordt een afstand aangehouden van 2,20 meter. Als men de primaire moten heeft aangebracht, worden een dag later de secundaire moten aangebracht. Door het tijdsverschil bezit de primaire steek al enige sterkte, maar kan toch nog worden bewerkt voor het aansluiten van de secundaire moot. Bij deze actie wordt aan weerszijden van de secundaire moot 0,2 meter van de primaire moot afgefreesd. Hierdoor wordt een continue wand verkregen, waarbij de moten goed op elkaar aansluiten. Er wordt met primaire en secundaire moten gewerkt, omdat zodoende de aanwezige grondslag goed gemengd wordt. Als er geen gebruik zou worden gemaakt van deze methode en alle stekken achtereenvolgens worden geplaatst, bestaat het risico dat brokken grond door de frees in de vorige moot worden gedrukt. Hierdoor komen ze buiten het bereik van de frees en daardoor wordt de grond niet goed gemengd. Daarnaast dient deze werkmethode om

waterdichtheid te kunnen garanderen.

Tijdens het frezen en mengen van de moten komt spoil vrij. Globaal genomen komt 10-30% van de inhoud van de steek vrij als spoil. Door het graven van sleuven wordt deze opgevangen in een aangelegd bassin. Omdat deze spoil een hoge cementfactor heeft kan deze na het uitharden worden gebruikt als fundering voor wegen. Zodoende komen er vrijwel geen reststoffen vrij. Doordat de grond gebruikt wordt als grondstof, aangevuld met cement, kan men toeslagstoffen, zoals zand en grind, uitsparen. Door de toevoeging van cement worden verontreinigingen in de grond ingekapseld.



3 DIEPWANDEN

3.1 Introductie

De diepwand is een bouwkuipmethode waarbij gewapende, in de grond gevormde betonnen elementen aaneengesloten in de grond worden gestort. Door middel van een draadkraan worden panelen gemaakt, die tijdens het uitgraven in stand worden gehouden door middel van een dikspoeling of bentoniet. Vervolgens wordt de wapening aangebracht en worden de sleuven volgestort met beton.

De methode kan dienen als grond- en/of waterkering en kan grote belastingen overbrengen. Diepwanden maken het mogelijk dicht langs belendingen te werken en kunnen worden geïntegreerd met de definitieve constructie.

3.2 Werkwijze/uitvoering

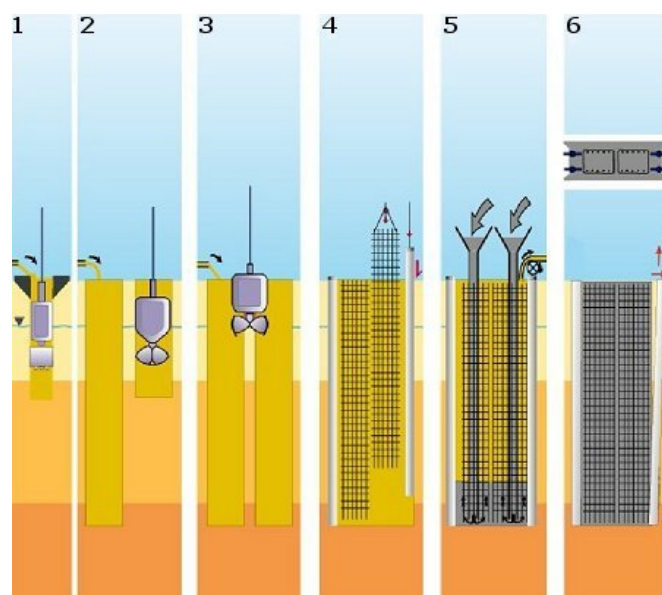
Diepwanden worden gerealiseerd door, met een draadkraan vanaf het maaiveld, een paneel te ontgraven tot een vooraf vast te stellen diepte. Voordat men kan beginnen met het ontgraven van de panelen moeten er aan het maaiveld geleidebalken worden geplaatst. Gedurende het proces van het uitgraven, wordt ter voorkoming van instorten van de sleuf, de ontgraven grond vervangen door, in de meeste gevallen, bentoniet. Hierdoor wordt een dermate stabiliteit gecreëerd waardoor de sleuf niet zal instorten.

Nadat de sleuf is uitgegraven, dient de bentoniet over de optimale eigenschappen te beschikken. Dit is nodig voor een later stadium waarbij het beton wordt gestort en de bentoniet wordt verdreven.

Om de bentoniet over de optimale eigenschappen te laten beschikken, wordt deze meestal in zijn geheel vervangen voor schone bentoniet of door een ontzander opgeschoond.

In het volgende stadium worden de wapeningskorven, en later de storkokers, aangebracht. Als deze geplaatst zijn, kan begonnen worden met het van onderaf vullen van de sleuven met beton, waardoor de bentoniet verdreven wordt. Deze wordt bovenaan de sleuf weggepompt.

De bovenstaande procedure wordt meerdere malen naast elkaar uitgevoerd, waardoor een doorgaande wand wordt verkregen. In deze wand zijn echter nog wel steeds de voegen van de panelen aanwezig. Deze voegen worden afgedicht door een rubberen strip. Na het uitharden van het beton kan de bouwput worden ontgraven.



4 JETGROUTING

4.1 Introductie

Jetgrouten is een bouwkuipmethode waarbij gebruik gemaakt wordt van bodeminjectie. De grond wordt, door middel van een injectievloeistof, onder hogedruk los gespoten, waarna deze wordt gemengd met een mengsel van water en cement. Hierdoor ontstaat na verharding een cilindervormig massief. Bij deze methode komt langs de injectiekolom een mengsel van water, grout en grond omhoog. Dit mengsel wordt ook wel 'spoil' genoemd en moet worden weggepompt. Voor wat betreft de aanbrengtechnieken, kan grofweg een onderscheid worden gemaakt tussen drie verschillende methoden. Deze methoden zijn allen gebaseerd op het principe van het inbrengen van een spuitlans in de grond, met behulp van een boorstelling.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende jetgrout methoden:

- Enkelvoudige jetgrouting: De onder hogedruk ingespoten water-mortelmengsel vermengt zich met de grond;
- Tweevoudige jetgrouting: De injectiestraal wordt omgeven door een mantel van lucht, waardoor het eroderende effect van de behandeling wordt versterkt;
- De derde methode voorziet in een snijstraal van water, omgeven met een mantel van perslucht, die de ondergrond versnijdt (loswoelt), waarop direct de injectie met het groutmengsel volgt.

De methode jetgrouten kan worden gebruikt voor het realiseren van bouwkuipen, het afdichten van lekken en als fundering. Funderingen kunnen aangebracht worden onder bestaande bebouwing.

4.2 Werkwijze/uitvoering

Er wordt een stalen buis, de spuitlans, vanaf het maaiveld in de grond gebracht tot de gewenste diepte. Aan de onderzijde van de spuitlans bevinden zich spuitmonden. Als de boorlans zich op diepte bevindt, kan het jetgrouten beginnen.

Onder hogedruk, 200-500 bar (afhankelijk van de grondsoort), wordt er cementspecie in de grond geïnjecteerd. Daarna wordt de lans langzaam en met een draaiende beweging omhoog getrokken. Door de grote kracht van de straal groutsuspensie, zal de grond versneden worden, en zich mengen met de grond, zodat een grond-cement mengsel ontstaat.

Aangezien de grond bestaat uit min of meer onsamendrukbaar materiaal, zal een deel van het groutgrondmengsel, tijdens het jetgroutproces, worden afgevoerd naar het oppervlak. Deze retourspoeling komt langs de boorbuis omhoog en wordt afgevoerd.

Per grondlaag zal de druk die toegepast dient te worden verschillen. Bij een zandlaag is er minder druk nodig dan bij een kleilaag. De kolommen die geproduceerd worden, kunnen verschillende diameters hebben. Deze variëren van 40 centimeter tot 300 centimeter.

Als verschillende groutkolommen elkaar overlappen, ontstaat er een groutpalen wand. Dit type wand is geschikt als grond- en waterkering en/of als een fundering.

5 ONDERWATERBETON

5.1 Introductie

Wanneer we in Nederland ondergronds willen bouwen, hebben we te maken met hoogstaand grondwater. Om een droge bouwkuip te krijgen, bij een hoge grondwaterstand, zijn er verschillende opties mogelijk om dit te bewerkstelligen. Eén van deze opties is het toepassen van OWB. Het voordeel van OWB is, dat er geen grondwater onttrokken hoeft te worden bij de realisatie van een bouwkuip onder de grondwaterspiegel. OWB wordt toegepast bij verschillende bouwkuipmethoden. Door middel van een buis, van staal of kunststof, wordt het OWB tot op de bodem van de bouwkuip aangebracht. Hierdoor bereikt het beton de bodem als een solide massa en kan niet uitspoelen. Als het beton uitgehard is, kan het water weggepompt worden en de vloer belast worden. De betonvloer is vaak relatief dik, omdat de OWB vloer weerstand moet bieden aan de druk van het grondwater van onderen. In veel gevallen worden palen aangebracht om de vloer te verankeren.

5.2 Werkwijze/uitvoering

Als een bouwkuip gerealiseerd is, en als blijkt dat de opwaartse druk van het grondwater na het ontgraven van de grond in de bouwkuip groter is dan de druk naar beneden, moet er een horizontale afdichting in de bouwkuip worden aangebracht, om het opbarsten van de grond tegen te gaan. Eén van de mogelijkheden is OWB.

Deze OWB vloer dient als tegendruk tegen de opwaartse druk van het grondwater.

Voor deze methode dienen er palen of trekankers aangebracht te worden om de opwaartse kracht van het grondwater te keren. Er worden niet altijd palen aangebracht. Het kan zijn dat het gewicht van het OWB voldoende is om opbarsten te voorkomen. Als de onderkant van het OWB op een voldoende draagkrachtige ondergrond ligt, kan er ook op staal gefundeerd worden.

Er kan gekozen worden om eerst de palen te heien en dan de bouwkuip te ontgraven.

De voordelen hiervan zijn, dat er geen ingewikkelde heivoorzieningen nodig zijn om de palen te heien en dat er gecontroleerd geheid kan worden. Daar staat tegenover dat het diep wegslaan van de palen -de paalkop wordt beneden maaiveld geheid- een lastige kwestie is en er bij het ontgraven risico gelopen wordt dat de palen beschadigen of zelfs de koppen af dreigen te breken.

Er kan ook gekozen worden om eerst de bouwkuip te ontgraven en daarna de palen te heien.

Wanneer eerst ontgraven wordt, voordat er begonnen wordt met heien, is er minder risico op beschadiging van de paal. Het nadeel van deze werkvolgorde is dat er ingewikkelde heivoorzieningen nodig zijn, omdat er vanaf een ponton of traverse geheid moet worden. Hierdoor duurt het heien langer en wordt het dus duurder.

Wanneer de palen geheid zijn en de bouwkuip ontgraven is, dient er eerst gekeken te worden naar een aantal zaken ter voorbereiding, namelijk:

- De indeling van de bouwkuip:

De indeling van de bouwkuip kan op twee manieren gebeuren. De bouwkuip kan worden opgedeeld in meerdere compartimenten, maar ook worden toegepast als 1 put. De laatste is de beste optie, omdat dan geen naden in de OWB vloer ontstaan en het in één keer storten van de OWB vloer mogelijk is. Wanneer er toch gekozen wordt voor een fasering van de stort, dan kan de waterdichtheid van de vloer in gevaar komen.

- Niveau van de vloer:

Over het algemeen wordt gestreefd naar één vloerniveau in de hele put, omdat meerdere vloerniveaus complex wordt. Er moet gezorgd worden voor een goede, vlakke en schone bouwputbodem.

- Stroming van het water

Stroming van water kan de kwaliteit van de OWB vloer sterk beïnvloeden.

Het gaat dan vooral om de stroming die de bouwkuip binnenstroomt op of onder het niveau van de OWB vloer. Wanneer deze stroming optreedt, ontstaat uitstroom van cement en ontmenging van de betonmortel, waardoor de binding van de betonmortel afneemt en de sterkte van de vloer wordt verminderd.

- Bereikbaarheid van het materiaal en materieel

Het is van groot belang dat materiaal en materieel tijdens het stortproces eenvoudig en snel bereikbaar zijn. Is dit namelijk niet het geval dan zal de stort één of meerdere keren onderbroken moeten worden, wat leidt tot een kwaliteitsvermindering van de vloer met als mogelijk gevolg: bezwijken of lekkage van de vloer.

Nadat deze zaken aandachtig onderzocht zijn, kan er begonnen worden met het aanbrengen van het OWB.

Door middel van een buis van staal of kunststof wordt het OWB tot op de bodem van de bouwkuip aangebracht. Hierdoor bereikt het beton de bodem als een solide massa en kan niet uitspoelen. Vaak gebeurt dit door middel van de dobbermethode. De dobber is rechtstreeks gekoppeld aan de betonpomp of een drijvende leiding. Er kan door middel van de dobber tot +/- 7 cm nauwkeurig beton gestort worden onder water.

Er worden duikers ingezet die de hoeveelheid slib, wat door het beton wordt opgestuwd, controleren. Dit slib wordt direct door een slibzuiger opgezogen, omdat slib een gevaar betekent voor de kwaliteit van het beton.

Als het beton is uitgehard kan het water weggepompt worden en kan de vloer belast worden.

6 WATERGLASINJECTIE

6.1 Introductie

Met name in drukke, stedelijke gebieden wordt steeds meer ondergronds gebouwd. Als er sprake is van hoogstaand grondwater -en dat is al gauw het geval in Nederland- zal er een waterafsluitende laag aangebracht moeten worden, mits deze niet op een natuurlijke wijze aanwezig is om de bouwkuip in den droge te kunnen ontgraven of om het gevaar van opbarsten tegen te gaan. Binnen een vooraf aangebrachte grond- en waterkerende bouwkuip kan een waterremmende injectielaag aangebracht worden.

De injectielaag bestaat uit waterglas en wordt harder opgebouwd door in een vooraf bepaald raster injectieslangen op diepte te brengen en deze stuk voor stuk te injecteren.

Het waterglas wordt op de bouwplaats gemengd met water en een dusdanig percentage harder dat een mengsel verkregen wordt. Dit mengsel kan goed met de bestaande grondslag mengen, en alle daarin aanwezige poriën opvullen, zodra het door middel van injectieslangen binnen de wanden van de toekomstige bouwkuip zal worden geïnjecteerd.

De injectievloeistof verspreidt zich door de grond zonder druk uit te oefenen, vult alle poriën tussen de zandkorrels op en hardt vervolgens uit. Het bereik van een injectie is ongeveer een straal van 1 meter, naar alle richtingen.

6.2 Werkwijze/uitvoering

De injectielansen ten behoeve van de grondinjectie worden geplaatst door het inspuiten van de lansen met water, boren, hoogfrequent trillen of sonic drilling. Daarna kan het injecteren beginnen. Tijdens het injecteren worden druk, debiet en de totale geïnjecteerde hoeveelheid per injectiepunt geautomatiseerd aangestuurd en geregistreerd. Dat is een efficiënt en kostenbesparend proces. Doordat onder andere, druk en flow bewaakt en aangestuurd worden door injectiecomputers, kunnen er gelijkmatige injectielichamen worden opgebouwd. Tijdens het injectieproces wordt het aanwezige grondwater uit de poriën verdrongen en vervangen voor de gewenste injectievloeistof.

De injectielaag wordt dieper dan het ontgravingniveau aangebracht om opbarsten van de bouwputbodem te voorkomen. Trekelementen zijn door de aanwezigheid van een ballastlaag dus overbodig. Om voldoende ballast op de injectielaag te houden, kan het zo zijn dat de constructief benodigde lengte van de bouwkuipwand niet voldoet. In dat geval zou de lengte van de bouwkuipwand dieper aangebracht moeten worden om zo voldoende ballast op de injectielaag te krijgen.