



***Boren voor de installatie van verticale
bodewarmtewisselaars (versie 3.1)***

***Auteur: L.François, N.Huybrechts, G.Van Lysebetten,
K.Allaerts***

Datum: 09/12/2013

*Deze studie werd uitgevoerd in het
kader van het IWT-VIS traject Smart
Geotherm (2011-2017)*

Inhoudstafel

1	Toepassingsgebied.....	3
2	Wetgeving en normen	3
3	Locatie van de boringen.....	4
4	Dimensies en toleranties van het boorgat.....	5
4.1.1	Diepte.....	5
4.1.2	Diameter	5
4.1.3	Scheefstand.....	6
5	Informatie over de ondergrond	6
5.1	Aanwezigheid van nutsleidingen	6
5.1.1	Op privé domeinen	6
5.1.2	Op openbare domeinen.....	6
5.2	Type ondergrond.....	7
5.3	Verontreinigingen	7
6	Soorten boringen	7
6.1	Spoelboringen	7
6.1.1	Directe spoeling of direct flushing of straight flush of spuitboring	7
6.1.2	Omgekeerde spoeling of reversed flush of indirecte boring of zuigboring	9
6.2	Hamerboren.....	9
6.3	Minder courante boormethodes	11
6.3.1	Avegaar boring	11
6.3.2	Luchthevelboren, airlift boren	12
6.3.3	Counterflushboren.....	14
6.3.4	Pulsboring	14
6.3.5	Slagboring.....	15
6.3.6	Indrukken	15
6.3.7	Sonisch boren of intrillen	15
7	Samenvattende tabel.....	16
8	Achterlaten boorlocatie	17
9	Verslaggeving - melding	17
10	Buitendienststelling	17

1 Toepassingsgebied

Alhoewel de gesloten verticale bodemenergiesystemen gedefinieerd worden tot een maximale diepte van 500meter, beschrijft deze nota de gebruikte technieken tot een diepte van 150m

- Gesloten bodemenergiesysteem: installatie waarbij van de bodem gebruik wordt gemaakt voor de levering van warmte of koude door van een gesloten circuit van leidingen gebruik te maken, met inbegrip van het bovengrondse deel van de installatie;

2 Wetgeving en normen

De toepasselijke rubrieken van VLAREM I en artikelen van VLAREM II zijn terug te vinden in het document "Wettelijke bepalingen voor ondiepe geothermische installaties" opgesteld in kader van het Smart Geotherm project. De maximum diepte wordt bepaald door de aanwezigheid van waterwinningsgebieden, beschermingszones en de ligging van de watervoerende lagen. Dit dieptecriterium kan men raadplegen met behulp van [de viewer van de Data Ondergrond Vlaanderen](#)

Boringen in het kader van thermische energieopslag moeten beantwoorden aan de bepalingen van *Vlarem II Hoofdstuk 5.55. Boringen* en meer bepaald *afdeling 5.55.2. Boringen in het kader van thermische energieopslag in boorgaten*

Algemeen artikel:

Artikel 5.55.1.1.

Dit hoofdstuk is van toepassing op de inrichtingen, vermeld in rubriek 55 van de indelingslijst.

Het is verboden die inrichtingen aan te leggen of te exploiteren als ze zich dieper dan 2,5 m onder het maaiveld bevinden en geheel of gedeeltelijk liggen in een beschermingszone van het type I of II van grondwaterwinningen, bestemd voor de openbare watervoorziening, zoals afgebakend ter uitvoering van het besluit van de Vlaamse Regering van 27 maart 1985 houdende nadere regelen voor de afbakening van waterwingebieden en beschermingszones.

Artikel 5.55.1.2.

De boring wordt uitgevoerd volgens de regels van goed vakmanschap, zoals opgenomen in de code van goede praktijk voor boren, exploiteren en afsluiten van boorputten voor grondwaterwinning, vastgesteld in bijlage 5.53.1 bij dit besluit. Elke verontreiniging van het grondwater wordt vermeden, zowel tijdens de aanleg als tijdens de exploitatie. Het uitvoeren en buiten dienst stellen van een boring mag vanaf 1 januari 2015 alleen gebeuren door een boorbedrijf, erkend volgens het VLAREL, voor de desbetreffende discipline, vermeld in artikel 6, 7°, c), d) of e), van het voormelde besluit.

Het boorgat wordt bovenaan afgedicht om verontreiniging van de grondwaterlagen te voorkomen.

Het is verboden verschillende watervoerende lagen met elkaar in verbinding te brengen. Inzonderheid worden er ter hoogte van de scheidende lagen kleistoppen geplaatst of wordt de ruimte ter hoogte van scheidende lagen gecementeerd. (zie ook "Afwerking van het boorgat voor verticale warmtewisselaars" van Smart Geotherm)

De andere toepasselijke artikelen worden waar relevant in dit document vermeld.

De werkzaamheden mogen pas starten als de benodigde vergunningen zijn verleend en de meldingen zijn ingediend.

3 Locatie van de boringen

De locatie van de boringen staan op aangegeven op de documenten van de ontwerper.

De afstanden die hieronder worden aangegeven zijn minimale richtwaarden. Reële minimale afstanden zijn afhankelijk van de ondergrond en de gebruikte boortechniek.

De boorfirma is verantwoordelijk voor de aanvraag van de noodzakelijke gegevens betreffende de aanwezigheid van ondergrondse structuren en nutsleidingen. Op basis hiervan dient hij de nodige inschatting en/of berekeningen te maken van de gevolgen van geothermische boringen zowel tijdens het boorproces als de indienstelling van de installatie.

Zo dient de boorfirma boringen uit te voeren op een zodanige afstand dat er geen negatieve invloed zal zijn op de fundering of stabiliteit van het betreffende bouwwerk.

Er dient gecontroleerd te worden of het toegestaan is om andere leidingen te kruisen met de horizontale verbindingleidingen. Zo ja met welk verschil in diepte dit dient te gebeuren.

Minimale afstanden (m) tot structuurdelen	
Gevel	0.5
Funderingselementen	1.5
Minimale afstanden (m) tot nutsleidingen	
Ondergrondse niet-watervoerende leidingen	1.5
Drinkwaterput	5
Septische put	5
Aanvoer stadsnet waterleiding	3
Riolering	3
Minimale afstanden (m) tot	
Perceelsgrens	0.5
Bomen	5

De exacte boorlocatie wordt door de boorfirma genoteerd alsmede de bereikte boordiepte.

Om te voorkomen dat een boring of sondering een al geplaatste wisselaar kan raken wordt een minimale afstand van 5% van de te bereiken diepte aangehouden. Ook hier dient de boorfirma een juiste inschatting te maken op basis van de ondergrond en de gebruikte boorinstallatie en –methode.

4 Dimensies en toleranties van het boorgat

4.1.1 Diepte

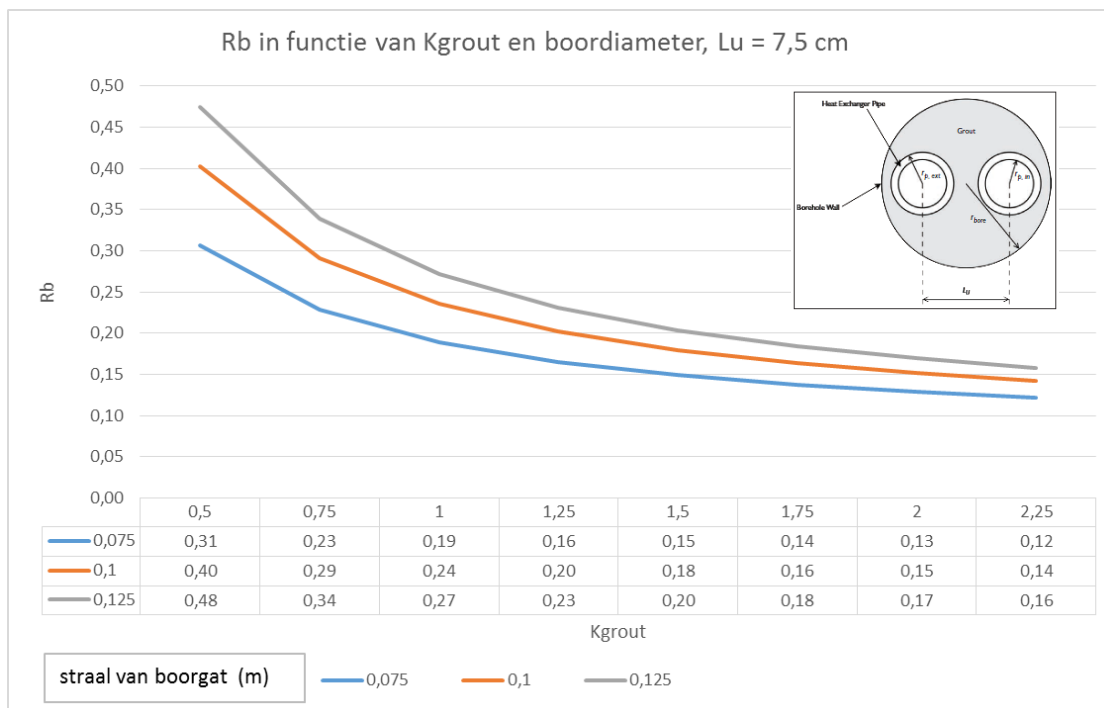
De diepte wordt bepaald door het bureau technieken en volgt uit de voorstudie en de dimensionering van het boorveld.

Tel hierbij de extra lengte voor het gewicht indien dit onderaan de warmtewisselaar wordt bevestigd.

4.1.2 Diameter

De diameter van het boorgat wordt vastgelegd door de ontwerper. Ze wordt zo klein mogelijk gekozen in verhouding tot de buitendiameter van de gebruikte bodemwarmtewisselaar. Ze moet wel zodanig zijn dat de lus gemakkelijk kan worden ingebracht en het boorgat voldoende stabiel is. Normaal gesproken zal de diameter van het boorgat tussen de 10 en 20 cm liggen.

Een vergroting van de boordiameter waarbij de onderlinge afstand van de benen van de warmtewisselaar gelijk blijft, leidt tot een verhoging van de boorgatweerstand. De impact van de tolerantie op de boordiameter verkleint indien men slaagt om ofwel de buizen tegen de boorgatwand te houden ofwel door een vulmateriaal aan te wenden met een hogere thermische weerstand ($> 1.5W/m^2K$).



Figuur 1: invloed van thermische geleidbaarheid van vulmateriaal (Kgrout) en straal van boorgat op de boorgatweerstand (Rb)

4.1.3 Scheefstand

De booropstelling, met name de mast van de booropstelling, moet voldoende verticaal staan, de buizentrein (het geheel aan boorstangen) moet voldoende gewicht hebben om verticaal te boren.

Bij te weinig gewicht zal te veel in horizontale richting geboord worden, met een grotere boorgatdiameter als gevolg. Als de boorstangen zelf niet genoeg wegen, moet men extra neerwaartse kracht uitoefenen met de machine, waardoor de stangenreeks kan uitknikken.

Risico's op het mogelijk raken van een al geplaatste wisselaar moeten worden vermeden.

5 Informatie over de ondergrond

5.1 Aanwezigheid van nutsleidingen

De horizontale afstand tot andere leiding-/kabelsystemen in de bodem is minimaal 2 meter.

5.1.1 Op privé domeinen

De eigenaar of beheerder van het terrein waarop men de mechanische boring uitvoert, dient de aanwezigheid en positie van de nutsleidingen te melden.

5.1.2 Op openbare domeinen

De sondeerfirma vraagt de ligging van ondergrondse kabels en nutsleidingen aan. Voor proeven op openbare terreinen gebeurt dit altijd, voor proeven op privéterrein in zoverre relevant. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen proeven uitgevoerd op terreinen behorend tot het Vlaams, Brussels of Waals Gewest:

- Vlaams Gewest
De sondeerfirma vraagt de ligging van de ondergrondse nutsleidingen op via het KLIP-portaal (www.klip.be). De KLIP-aanvraag dient uiterlijk 20 werkdagen en niet meer dan 40 werkdagen vóór de effectieve uitvoering van de proeven door de uitvoerder te gebeuren (een KLIP-aanvraag duurt 20 werkdagen, en is 2 maand geldig).
- Brussels Gewest
De sondeerfirma vraagt de ligging van de ondergrondse nutsleidingen op via het KLIP-portaal (www.klip.be). De KLIP-aanvraag dient uiterlijk 20 werkdagen en niet meer dan 40 werkdagen vóór de effectieve uitvoering van de proeven door de uitvoerder te gebeuren (een KLIP-aanvraag duurt 20 werkdagen, en is 2 maand geldig). Het KLIP-decreet is echter enkel geldig in het Vlaamse Gewest, en de leiding- en kabelbeheerders zijn daarom niet verplicht hun ondergrondse kabels en nutsleidingen via KLIP te registreren. De KLIP-aanvraag wordt wel automatisch doorgestuurd naar klim-cicc (www.klim-cicc.be).
De sondeerfirma contacteert dan de betrokken gemeenten om een lijst met leidingen- en kabelbeheerders te verkrijgen. Aansluitend worden alle betreffende beheerders aangetekend aangeschreven om informatie over de gewenste locaties te bekomen.
- Waals Gewest
De sondeerfirma vraagt de gegevens betreffende ondergrondse nutsleidingen en kabels op via <http://impetrants.met.wallonie.be> voor leidingen beheerd door de Service Public de Wallonië en via klim-cicc (www.klim-cicc.be voor andere leidingen).
De sondeerfirma contacteert dan de betrokken gemeenten om een lijst met leidingen- en kabelbeheerders te verkrijgen. Aansluitend worden alle betreffende beheerders aangetekend aangeschreven om informatie over de gewenste locaties te bekomen.

5.2 Type ondergrond

De boorder dient zich voorafgaand te informeren over het type ondergrond waarin de boringen gaan plaatsvinden. Hij kan hiervoor beroep doen op de geologische kaarten en/of bestaande boringen. De werkwijze staat beschreven op zowel de [DOV](#)- als de [Smartgeotherm](#) website.

5.3 Verontreinigingen

Indien vooraf of tijdens het boren, bodemverontreinigingen worden vastgesteld, dienen er maatregelen te worden genomen om verdere verspreiding te vermijden.

6 Soorten boringen

Het uitvoeren van een boorgat van goede kwaliteit vereist een technische kennis en goed vakmanschap.

De keuze van de boortechniek wordt bepaald door een aantal factoren zoals de vereiste diepte en diameter, de bodem, de grondwaterstand, enz.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven voor de meest relevante en frequent toegepaste boortechnieken.

Als spoelwater wordt er leidingwater of gecontroleerd putwater gebruikt om verontreiniging van het grondwater volledig uit te sluiten.

6.1 [Spoelboringen](#)

De spoelboring is, behalve de eerste meters, een onverbuisde boortechniek waarbij met een roterende getande boorbeitel die bevestigd is aan een holle boorbuis, de grond wordt losgemaakt. Het losgeboorde materiaal wordt door middel van een vloeistof naar boven getransporteerd. Deze vloeistof of spoeling dient niet alleen om het losgeboorde materiaal te verwijderen, maar ook om de boorgatwand stabiel te houden.

Men maakt een onderscheid tussen verschillende spoelboringen afhankelijk van de manier waarop de spoeling circuleert.

- Directe spoeling of direct flushing of straight flush
- Omgekeerde spoeling of reversed flush of zuigboren
- Luchthevelboren, airlift boren

6.1.1 Directe spoeling of direct flushing of straight flush of spuitboring

Met behulp van een pomp wordt water uit een spoelput of spoelbak opgezogen en onder druk door de holle boorbuis naar beneden gevoerd.

De roterende boorkop met de beitel maakt de grond los. Het water stroomt door boorkop en stuwt het losgemaakte materiaal langs de annulaire ruimte tussen de boorstangen en het boorgat omhoog naar het maaiveld. Tegelijkertijd stabiliseert het boorwater de boorgatwand.

Ter hoogte van het maaiveld komt het water met boorresten door een stalen mantelbuis via een decantatiegoot terug in de spoelput terecht. Hier worden de vaste bestanddelen zoveel mogelijk van het water gescheiden. Grotere resten worden vooraf eventueel afgezeefd.

De boorresten bezinken in de spoelbak of –put. De fijne delen worden eventueel verder afgescheiden door middel van een hydrocycloon. Het water wordt herbruikt en opnieuw in de boorstangen geïnjecteerd. Vanaf het

moment dat een eerste boorbuis met een lengte van 2.50 tot 3.00m over zijn volledige lengte in de grond is geboord, wordt de circulatie van de spoeling stopgezet en wordt de volgende boorbuis aan de vorige bevestigd.

In sommige gevallen wordt er eerst droog voorgeboord tot aan het grondwater met behulp van een avegaarboor waarna men een stalen mantelbuis in het boorgat laat zakken.

Bij directe spoelboring is het belangrijk de juiste stijgsnelheid in de annulaire ruimte onder controle te kunnen houden. Bij te hoge snelheden wordt het boorgat beschadigd, bij te lage snelheden is de transportcapaciteit te laag met obstructies als gevolg.

Als het boorgat op de juiste diepte is gebracht kunnen de boorstangen uit het boorgat worden gehaald.

Er is geen circulatie van de spoeling meer. Het boorgat moet op overdruk worden gehouden met water en voorkomt dat de wanden inzakken.

Indien noodzakelijk voor de stabiliteit van het boorgat, kan de spoelboring ook verbuisd worden uitgevoerd, waardoor geen gevaar meer bestaat dat het boorgat instort. Dit heeft echter wel als nadeel dat de kosten

toenemen en de maximale haalbare diepte afneemt. Dit kan vermeden worden door de verbuizing getrappt uit te voeren met de grootste diameter bovenaan. Om dezelfde reden mogen er ook additieven worden aangewend voor zover zij geen negatieve impact hebben op het warmtegeleidend vermogen van de ondergrond.

Ook om het waterverlies in goeddoorlatende lagen te beperken kan het boorteam aan de boorvloeistof additieven toevoegen.

De boorgatdiameter wordt beperkt door de benodigde opwaartse stroomsnelheid van de boorvloeistof in het boorgat; deze snelheid moet voldoende zijn om het losgeboorde materiaal naar het maaiveld te transporteren. Bij de gebruikelijke boorstangen met diameter van 60 – 140 mm bedraagt de maximale boorgatdiameter ongeveer 100 - 350 mm. Maximale boordiepte > 500 meter.

De rendementen kunnen in losse formaties ettelijke tientallen meters per uur bedragen.

Deze boortechniek wordt dan ook veel toegepast voor het plaatsen van verticale bodemwarmtewisselaars.

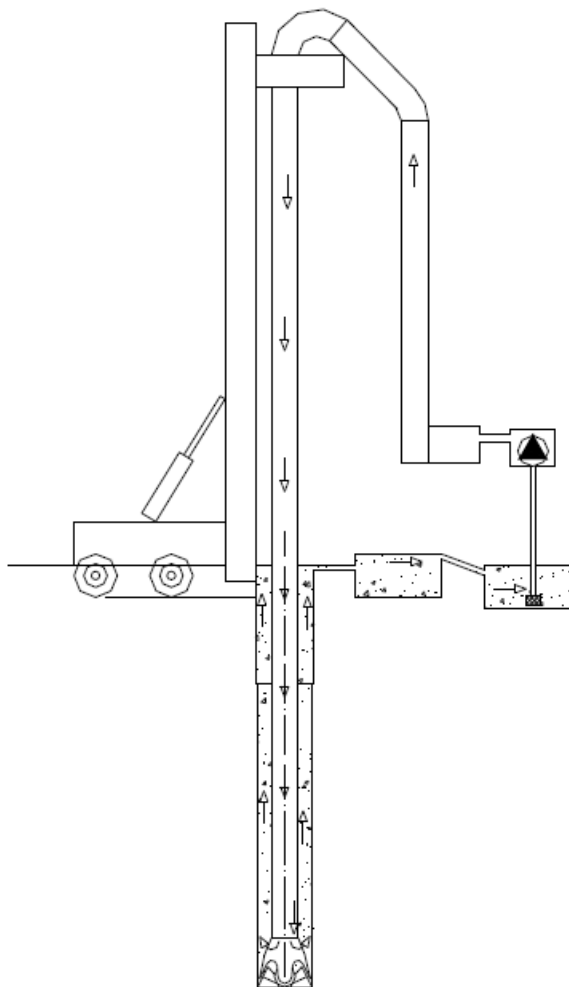
Voordelen van deze boormethode zijn dan ook:

- Snelle boormethode
- Mogelijk tot op grote diepte
- Goedkoop en veel toegepast

Nadelen van deze boormethode zijn:

- Minder nauwkeurige beschrijving van de bodem dan bijvoorbeeld bij omgekeerde spoeling (zie verder) tenzij de boorinstallatie uitgerust is met bijzondere apparatuur voor monitoring.

- Waterverbruik afhankelijk van de gebruikte werkmethode en toepassing van additieven.
- Ontspanning van de grond is mogelijk
- Boren door verontreiniging geeft aanleiding tot verspreiding van de verontreiniging



Figuur 2: schematisch prinseschema spoelboren.

Bron: VITO

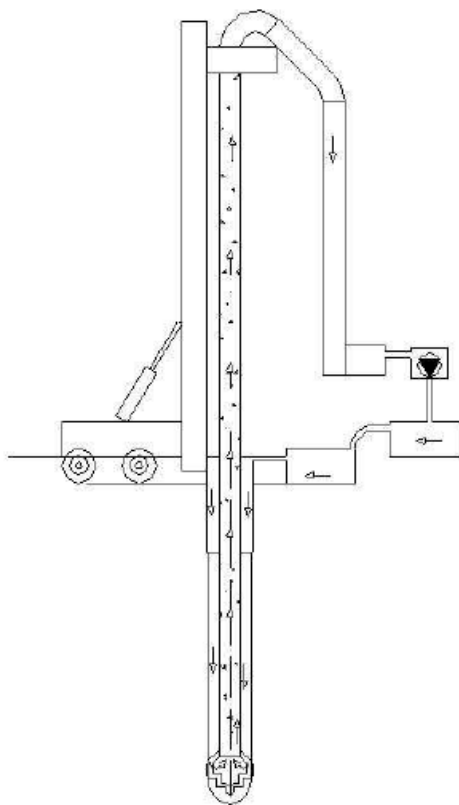
6.1.2 Omgekeerde spoeling of reversed flush of indirecte boring of zuigboring

In tegenstelling tot een directe spoelboring waarbij de neerwaartse watertoevoer via de boorstangen verloopt en de bij de boring vrijkomende grond via de ruimte tussen de boorstangen en de boorwand (de zogenaamde annulaire ruimte) omhoog wordt getransporteerd, verloopt bij deze methode de wateraanvoer via de annulaire ruimte en komt de vrijkomende grond omhoog door de boorstangen.

De spoelbakken worden m.b.v. een overstort verbonden met de stalen mantelbuis in het boorgat. Het water loopt via de overstort naar de stalen mantelbuis in het boorgat. Met behulp van een zuigpomp op de boormachine wordt het spoelwater uit het boorgat opgezogen door de boorstangen. Vanuit de boorstangen gaat de opgeboorde grond en water door de pomp naar de spoelbakken. De grond bezinkt in de spoelbakken en het water loopt via de verbindingsbuis terug in het boorgat.

Bij de gebruikelijke boorstangen met een diameter van 125 - 150 mm bedraagt de maximale boorgatdiameter ongeveer 1.200 à 1.500 mm. Maximale diepte bij zuigboren bedraagt ongeveer 100 meter, maximale diepte bij luchtlichten > 500 meter.

De monsterneming van het opgeboorde materiaal vindt plaats uit de circulerende boorvloeistof. Het betreffen geroerde monsters.



Voordelen :

- snelle boormethode (grote boorsnelheid) in vergelijking tot verbuiste boormethodes, maar trager dan spoelboring
- mogelijk tot op grote diepte
- de stijgsnelheid van de boorvloeistof is beter onder controle te houden is, vooral bij grotere diameters.
- goedkoop in vergelijking met boormethodes die een verbuizing vereisen
- betere kwaliteit van staalname, het is gemakkelijker de diepte te bepalen vanwaar de cuttings afkomstig zijn.
- zeer lage weerstandsverhoging ter hoogte van het boorgat ten gevolge van het relatief zuivere spoelwater en het ontbreken van verbuizing
- Door de lage snelheid in de annulaire ruimte is er minder kans op beschadiging van het boorgat.

Nadelen :

- waterverbruik
- ontspanning van de grond is mogelijk
- geroerde monsters
- boren door verontreiniging geeft aanleiding tot verspreiding van de verontreiniging
- lagere boorsnelheid
- bij elke buiswisseling dient de laatst opgezette buis luchtledig gepompt worden. Om die reden worden ook kortere buizen gebruikt, wat meer manipulaties vraagt.

Figuur 3: schematisch principeschema zuigboren. Bron VITO

6.2 Hamerboren

Nadelen :

- bijzonder materieel is vereist
- verbuizing is veelal noodzakelijk
- versmering van de boorgatwand tengevolge van de boormethode en de verdichting van de grond
- niet toepasbaar in sedimentaire grondlagen zoals zand en klei

Het rendement hangt van vele factoren af, maar kan in de meest gunstige omstandigheden verschillende tientallen meters per uur bedragen.

Met deze boortechniek kan men onder een hoek van 45° boren, hoewel boorgaten van 10 tot 20° meer gebruikelijk zijn. Indien men niet gestuurd boort, heeft men een afwijking in rechtheid van 10 à 15%.

Een ander nadeel van deze techniek is het ontstaan van scheuren die dichtbij elkaar gelegen boorgaten met elkaar kunnen verbinden. De luchtdruk kan daardoor reeds geboorde gaten beschadigen.

Voor diepe gaten in kristallijne rotsen en in gebieden met jonge sedimentaire rotsen vindt hamerboren met water meer en meer ingang.

6.3 Minder courante boormethodes

Volgende boormethodes worden weinig tot niet gebruikt voor de toepassing van verticale warmtewisselaars. Ze kunnen evenwel in bepaalde omstandigheden toch interessant zijn. Daarom worden ze volledigheidshalve kort beschreven.

6.3.1 Avegaar boring

Bij een avegaarboring wordt de grond los gefreesd door een schroef. De schroef staat tevens in voor het transport van de grond naar het maaiveld. De methode wordt voornamelijk toegepast in cohesieve gronden.

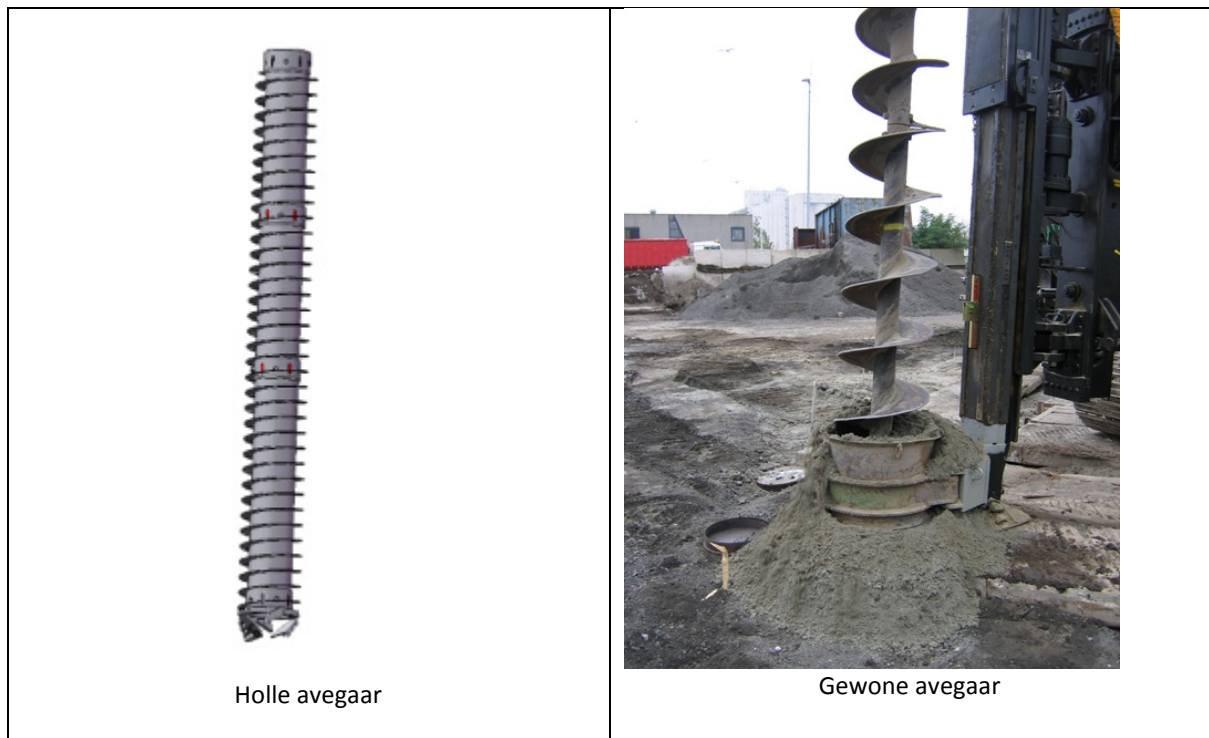
Er wordt een onderscheid gemaakt tussen een holle avegaar en een gewone avegaar.

Bij een **holle avegaar** ligt de schroef rond een holle buis. De holle buis doet dienst als steunbuis die aan de onderzijde is afgesloten met een klep. Eens op diepte kan deze klep worden geopend om de put of warmtewisselaar verder in te bouwen.

De methode kan gebruikt worden boven en onder het grondwater.

De holle avegaar kan worden gebruikt tot een diepte van circa 35 meter.

Bij de **gewone avegaar** is er geen holle buis aanwezig in de boorbuizen, maar is een zware centrale stang omwonden door een brede spiraal. Indien men niet werkt in cohesieve gronden, zal na het verwijderen van de boorbuizen het boorgat instorten. Om dit te vermijden is het noodzakelijk om met een tijdelijke externe verbuizing te werken. *De techniek is toepasbaar tot een diepte van 30 meter.*



Figuur 5: avegaar

Omwille van het moeilijk aanbrengen van de omstorting wordt deze techniek zelden gebruikt. De toepassingen zijn eerder te vinden in de aanleg van funderingspalen en het milieutechnisch onderzoek. Eventueel kan de avegaar boormethode, afhankelijk van het type grond dat wordt aangeboord, toegepast worden in combinatie met de pulsboormethode.

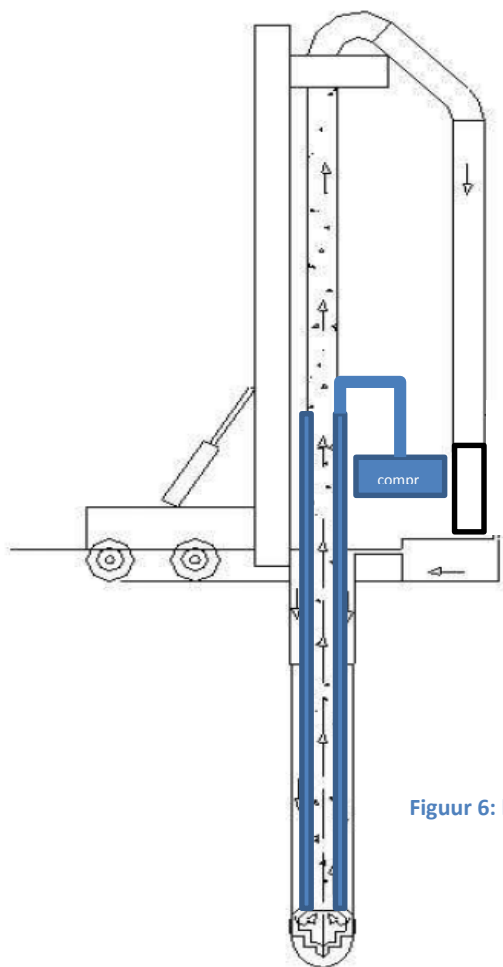
Voordelen :

- goede bodembeschrijving bij holle avegaar
- geen toevoer van bodemvreemde stoffen
- weinig waterverbruik

Nadelen :

- diameters en diepte beperkt wegens grote krachten op de avegaar
- versmering van de boorgatwand tengevolge van de verbuizing
- bij de holle avegaar is het niet mogelijk om een goede aanvulling van de bron te bekomen
- zware investering in materieel voor de gebruikelijke diameters en dieptes van grondwaterwinningen en verticale bodemwisselaars

6.3.2 Luchthevelboren, airlift boren



Figuur 6: luchthevelboren

Een variante op de indirecte boring is de zogenaamde luchthevel- of airlift boring. Het opwaarts transport van de boorspecie gebeurt doorheen de concentrische annulaire ruimte van de dubbelwandige boorstangen. De opwaartse stroming wordt in stand gebracht door lucht via een compressor te injecteren net boven de beitel. Opdat het systeem kan werken is een initiële waterkolom in het boorgat van een aantal meters noodzakelijk. Anders zou de te weinig gecomprimeerde lucht gewoon doorheen het spoelwater naar boven borrelen en geen transport van boorspecie veroorzaken.

6.3.3 Counterflushboren

Roterend verbuisd boorsysteem met dubbelwandige boorstangen voor boringen van 150 mm diameter en maximaal 80 meter diepte. De roterende buitenboorbuis steunt het boorgat. Het boorteam pompt het werkwater onder druk in de annulaire ruimte tussen de binnen- en buitenboorbuis naar beneden, waar het in de boorkop de binnenbuis in stroomt en boorgruis en de boorkern naar het maaiveld transporteert. Los geboord materiaal bezinkt in bezinkbakken. Door de beperkte hoeveelheid werkwater die volledig wordt opgevangen en de grote vrije doorlaat van de boorkop is de monsterneming zeer volledig.

Diepte en dikte van scheidende lagen kunnen vrij nauwkeurig bepaald worden. Het maken van een boorbeschrijving op < 50 cm nauwkeurig is mogelijk, maar het boorbedrijf moet aantonen dat het dit kan realiseren en dat het afsluitende lagen met een nauwkeurigheid < 50 cm kan terugplaatsen. Doordat het boorgat niet wordt gesteund door wateroverdruk valt dit boringtype in dezelfde groep als de pulsborings.

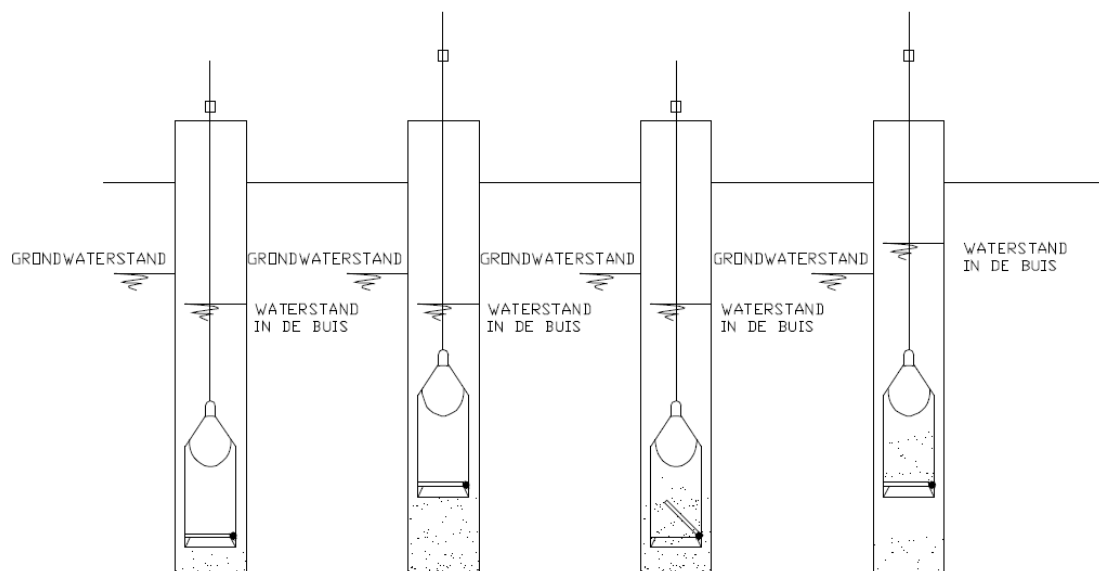
6.3.4 Pulsborings

De boorpuls bestaat uit een stalen holle buis die voorzien is van een snijschoen en een terugslagklep (de puls). De snijschoen wordt gekozen in functie van de ondergrond.

Tijdens het boren wordt de puls opgehaald en neergelaten waardoor de snijschoen in de bodem van het boorgat dringt en deze loswoelt. Het boorgruis vermengt zich door de op en neergaande beweging met het water in het boorgat. Tijdens een neergaande beweging vloeit de boorsuspensie in de boorpuls.

Na enkele tientallen slagen wordt de puls omhoog gehaald waarbij de terugslagklep zich sluit. De puls wordt geleegd aan het maaiveld en weer in de boorbuis gebracht waarna het proces zich terug herhaalt.

Tijdens het ophalen van de puls stroomt in de ruimte onder de puls grondwater in de casing en voert tegelijkertijd zand mee uit de onderliggende laag. Hierdoor ontstaat er ruimte aan de onderkant van de casing, waardoor de casing dieper ingebracht kan worden. De boorstangen hebben een lengte van 1,5 meter en m.b.v. een schroefdraadverbinding kunnen deze aan elkaar worden bevestigd, nadat de vorige boorbuis in de grond is gedrukt.



Figuur 7: pulsboren, bron VITO

6.3.5 Slagboring

Bij slagboringen brengt het boorteam middels slagen op de boorstang de boorstang in de bodem, waarbij de grond verdrongen wordt. Bij slagboringen zijn systemen beschikbaar waarbij gebruik gemaakt wordt van een valgewicht, waarbij enkele slagen per minuut worden gehaald. Bij andere systemen wordt gebruik gemaakt van een pneumatisch mechanisme, waarbij enkele slagen per seconde worden gehaald. Bij deze methode wordt geen werkwater gebruikt. Het bepalen van diepte en dikte van scheidende lagen vereist een continue monsterneming

6.3.6 Indrukken

Bij deze techniek ontstaat een boorgat door het wegduwen van de grond door verdichting. In bepaalde formaties van slappe klei of goed doorlatende losgepakte zanden kunnen op deze wijze gaten gerealiseerd worden met een beperkte diameter.

6.3.7 Sonisch boren of intrillen

De boormachine is uitgerust met een boorkop die een hoogfrequente trilling genereert en overzet op de boorbuis. Bij de punt van de boorbuis gebeurt een verdichting door de liquefactie van het grond/water mengsel. Door het gewicht van de boormachine wordt de boorbuis verder in de grond getrild. Deze techniek is toepasbaar in goed doorlatende ondergrond. In kleihoudende zanden kan deze techniek bijvoorbeeld moeilijk worden toegepast.

De frequentie van de trilling kan geoptimaliseerd worden in functie van de geologische ondergrond.

Bij het boren met een verloren punt kan er een peilbuis, filter of warmtelus geplaatst worden. Op de boorbuis kan ook een waterslot geplaatst worden. Hierdoor ontstaat er een constante druk in de boorbuis. Met behulp van het waterslot kan een profielboring met ongeroerde monsters genomen worden.

7 Samenvattende tabel

TABEL	Directe spoeling, direct flush, straight flush		Omgekeerde spoeling, reversed flush, zuigboren		Luchthevel, airlift boren		Counterflushboren		Pulsboren		Avegaarboren		Hamerboren		Sonisch, intrillen		Indrukken	
Snelheid	Hoog: Tientallen m/u	++	Redelijk	+	Redelijk	+			Traag	--	Traag	--	Traag		Traag			
Maximum diepte	500m Meer dan 3000m (VL)	++	100m, Diepte van losse formaties	+	Zolang voldoende watertoevoer is		80m	-	100m	-	30-35m		Beperkt, Honderden meters (VL)		Beperkt, 100-150m		Beperkt	
Maximale diameter	350-400mm 600mm (VL)		1200-1500mm		Grote diameters		150-300mm		beperkt		Beperkt		< 600mm		Beperkt gangbaar tot 150mm		Beperkt	
Economisch	Goedkoop	++	Matig	+	Goedkoop	+			Slecht	--	Slecht	-	Redelijk duur	-	Goedkoop	++		
Beschrijving bodem	Onnauwkeurig	--	Goed	+	Redelijk tot goed	+	Zeer goed	++	Zeer goed	++	Goed	+	Goed	+	Geen, tenzij met waterslot	--	Geen	-
Waterverbruik	Hoog		Hoog						Laag		laag		geen		Geen		Weinig	
Verspreiding verontreiniging	Mogelijk	-	Mogelijk	-														
Risico invallen boorwand	Mogelijk	-			Stabiel	+			Stabiel	++	Groot bij niet-cohesieve grond							
Formaties	zand, klei Rots, krijt		Losse formaties, Kan in harde formaties		Losse formaties, Kan in harde formaties		Alle gronden (aldus MOW geotechniek)		Niet voor klei, grind of steenrijke formaties		Probleem in versteende formaties		Zonder verbuizing: Niet-gescheurde grond, Met: grind, steenpuin en sterk gescheurde rots,		Problematisch in stijve klei en versteende formaties		Slappe klei, Goed doorlatend losgepakte zanden	
Combinaties met	Avegaar tot aan grondwater				Indirecte boring tot aan grondwater	-							Spoelboring tot rotsformatie					

Tabel 1: overzicht boortechnieken

8 Achterlaten boorlocatie

Het boorbedrijf verwerkt bij de uitvoering van mechanische boring(en) vrijkomende grond, grondwater, werkwater, waswater en afvalmaterialen die de boorlocatie kunnen verontreinigen, op een zodanige wijze dat deze materialen de boorlocatie niet verontreinigen.

Het boorbedrijf voldoet aan deze eis als:

- alle vrijkomende grond, grondwater, werkwater, waswater en afvalmaterialen, die de boorlocatie kunnen verontreinigen, afvoert naar daartoe erkende verwerkers;
- of in de opdracht voor de mechanische boring voorafgaand aan de uitvoering van de boring is vastgelegd dat de opdrachtgever zorgdraagt voor de afvoer van grond, water en afvalmaterialen naar erkende verwerkers. (protocol 2101 p.16)

9 Verslaggeving - melding

Uit Vlarem II, artikel 5.55.1.2

Als het gaat om een vergunningsplichtige boring, bezorgt de exploitant, uiterlijk negentig dagen na het boren, de volgende gegevens aan de afdeling van de Vlaamse Milieumaatschappij, bevoegd voor grondwater :

- 1° het doel van de boring;
- 2° het boorverslag met een beschrijving van de aard van de aangeboorde lagen;
- 3° de geologische beschrijving van de lagen, als die bekend is;
- 4° de technische beschrijving van de uitrusting van het boorgat;
- 5° de diepte van het grondwater in rust na de putontwikkeling ten opzichte van het maaiveld, indien de boring wordt afgewerkt tot een meetbare boorput;
- 6° de maatregelen die getroffen zijn ter voorkoming van de verontreiniging van het leefmilieu in het algemeen en van het grondwater in het bijzonder;
- 7° de ligging op een kaart op schaal 1/250, met aanduiding van op het terrein waarneembare referenties.

Van elke individuele set geplaatste wisselaars wordt tenminste één boorbeschrijving opgenomen conform NEN 5104.(ISSO73)

10 Buitendienststelling

Vlarem II, Artikel 5.55.1.3.

§ 1.

Als de exploitant een boorgat of de erin aangebrachte installatie of een onderdeel ervan, buiten dienst stelt, dekt hij de ontsluiting van de watervoerende laag af met een ondoorlatend materiaal (zweklei, cement) om verontreiniging of waterverlies te voorkomen.

Als het gaat om een vergunningsplichtige boring, deelt de exploitant die buitendienststelling mee aan de afdeling van de Vlaamse Milieumaatschappij, bevoegd voor grondwater. Het meedelen van de buitendienststelling door de exploitant is niet van toepassing voor werken die zijn uitgevoerd door een boorbedrijf, erkend volgens het VLAREL, voor de desbetreffende discipline, vermeld in artikel 6, 7°, c), d) of e), van het voormelde besluit.

§ 2.

De exploitant is verplicht een buiten dienst gesteld boorgat of een onderdeel daarvan op te vullen als het een potentieel gevaar betekent voor de kwaliteit van het grondwater. Het boorgat of het onderdeel ervan wordt opgevuld overeenkomstig de code van goede praktijk voor boren, exploiteren en afsluiten van boorputten voor grondwaterwinning, vastgesteld in bijlage 5.53.1 bij dit besluit.

§ 3.

De toezichhoudende overheid wordt minimaal twee dagen vooraf op de hoogte gebracht van het aanleggen of opvullen van een vergunningsplichtige boring, zodat haar toezichhouders mogelijk aanwezig kunnen zijn.

11 Bibliografie

1. *Capteurs géothermiques verticaux pour pompes à chaleur-Aspects réglementaires, règles de l'art et qualification des entreprises de forage*, BRGM service connaissance et diffusion de l'information géologique Unité Géothermique (CITEG), jan. 2005
2. Geelen, C. P. J. M., Witte, H. J. L., *ISSO-Publicatie 73 : Ontwerp en uitvoering van verticale bodemwarmtewisselaars*, Stichting ISSO, 2005.
3. *Kwaliteitsrichtlijn Verticale Bodemwarmtewisselaars*, Novem- Nederlandse organisatie voor energie en milieu, mei 2003
4. Sanner, [et al.], *Geotrainet training manual for designers of shallow geothermal systems. Geo-Education for a sustainable geothermal heating and cooling market*, 2011, [Project: IEE/07/581/SI2.499061. Compiled and edited by Dr. Maureen Mc Corry with EurGeol. Gareth Ll. Jones. Published by GEOTRAINET, EFG, Brussels 2011].
5. *Protocol 2101 Mechanisch boren, versie 2.0*, SIKB, oktober 2011
6. *VDI 4640, Part 1 – Thermal use of the underground – Fundamentals, approvals, environmental aspects*, juni 2010
7. *VDI 4640, Part 2 – Thermal use of the underground – Ground source heat pump systems*, sept. 2001
8. Vlarem II, Afdeling 5.55.2. Boringen in het kader van thermische energieopslag in boorgaten
9. Desmedt J., Draelants G., *Studie best beschikbare boortechnieken en evaluatie geschikte hydrothermische technieken in Brussel: aanvraag, kritische analyse en milieuexploitatievoorwaarden Eindrapport, in opdracht van BIM, feb.2009*
10. John Finger and Doug Blankenship, *Handbook of Best Practices for Geothermal Drilling*, Prepared for the International Energy Agency, Geothermal Implementing Agreement, Annex VII
11. Kevin B. McCray¹, *Guidelines for the construction of vertical boreholes for closed loop heat pump systems*, National Ground Water Association Ohio.