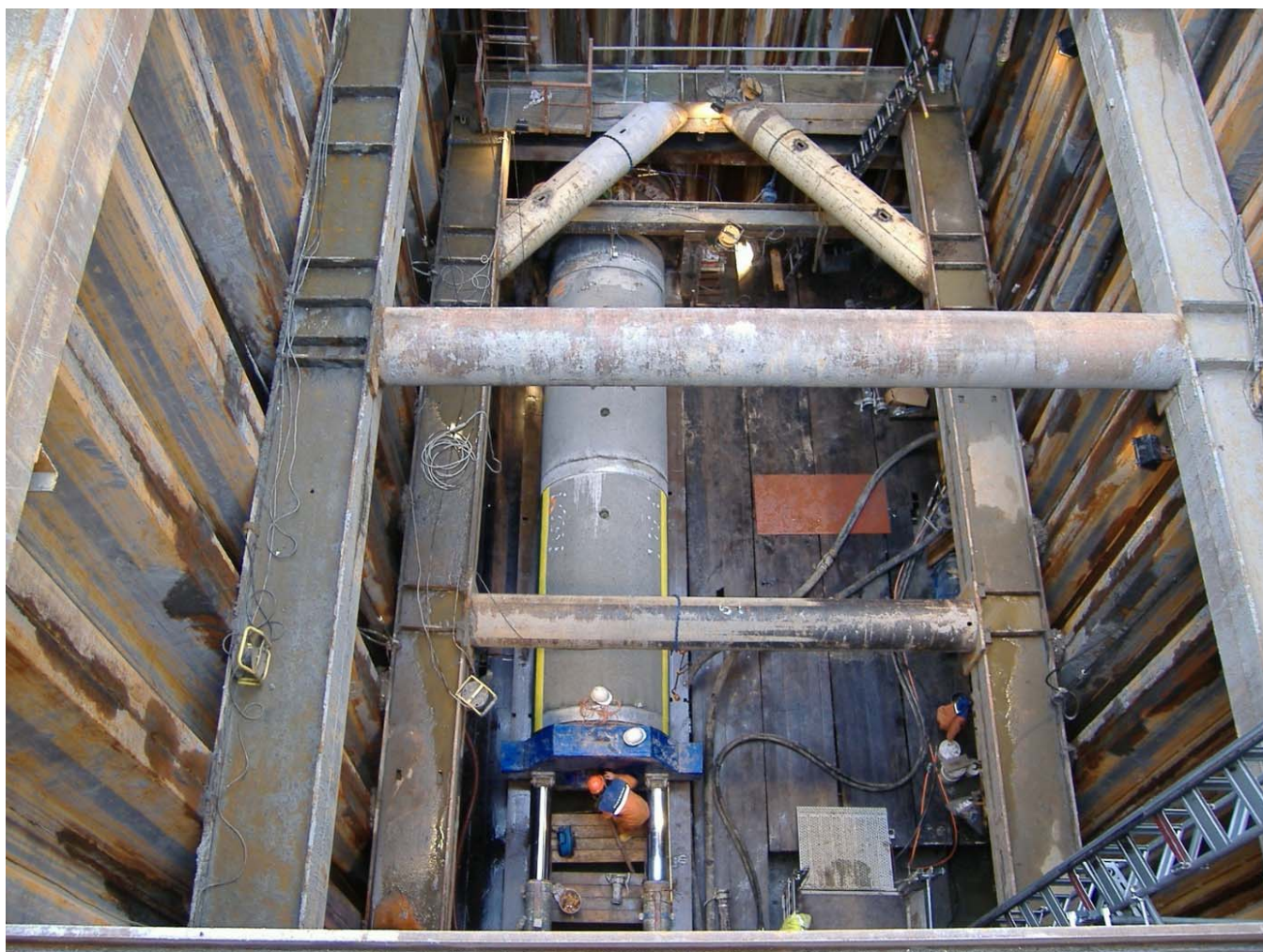




Nauwkeurigheid van boortechnieken voor de aanleg van kabels en leidingen heden en verleden

Nederlandse Vereniging van Sleufloze Technieken en Toepassingen



Rapportage: versie 3.0; Datum 27 juni 2013

Colofon

Uitgave

De Nederlandse vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassingen (NSTT)

Auteurs

Ing. E.-J. (Ernest-Jan) Achterhuis, Fodere en NSTT
G. H. Snikkenburg (Gerard) Visser & Smit Hanab
O. Ballintijn (Otto), Reduct
K. (Karel) Meinen, TerraCarta

Eindredactie

Ing. R.A. van Ravesteijn, Hompe en Taselaar B.V.

Vormgeving

Ing. E.-J. (Ernest-Jan) Achterhuis, Fodere en NSTT

Druk

1^{ste} Druk

Productie

De Nederlandse vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassingen (NSTT)

Auteursrechten

De Nederlandse vereniging voor Sleufloze Technieken en Toepassingen (NSTT)

Datum

Juni 2013

Inhoud

1	Samenvatting rapportage	6
1.1	Boortechniek en meetsystemen	6
1.2	Registratie	7
1.3	Registratie van een boring	8
1.4	Inschatten van boor- en liggingsnauwkeurigheid	9
2	Inleiding	10
2.1	Achtergrond	10
2.2	Doel van het onderzoek	12
2.3	Organisatie	12
3	Leeswijzer	13
4	Horizontaal Gestuurd Boren (HDD)	16
4.1	Inleiding	16
4.2	Boorproces	16
4.2.1	algemeen	16
4.2.2	Boorstelling	19
4.2.3	Boorstangen	19
4.2.4	Stuurmechanisme	20
4.3	Plaatsbepaling	21
4.3.1	Walk-over systeem	21
4.3.2	Magnetische Stuursystemen (steeringtool)	22
4.3.3	Gyroscoopen	23
4.4	Risico's	24
4.5	Schema Gestuurde Boringen	26
5	Open Front Techniek (OFT)	27
5.1	Inleiding	27
5.2	Boren met een avegaar	28
5.2.1	Boorproces	28
5.2.2	Boor- en liggingsnauwkeurigheid	29
5.3	Gestuurde avegaar	31
5.3.1	Gestuurde avegaar met kleppenkast	31
5.3.2	Boor- en liggingsnauwkeurigheid	31
5.4	Ontgraving voorin de buis	32
5.4.1	Boor- en liggingsnauwkeurigheid	32
6	Raketboring	33

6.1	Inleiding.....	33
6.2	Boorproces	33
6.2.1	Impact Ramming	33
6.2.2	Impact Moling	33
6.3	Schema Openfront en raketboringen	35
7	Gesloten Front Techniek	36
7.1	Inleiding.....	36
7.2	Boorproces	36
7.3	Type boorschilden.....	38
7.3.1	Vloeistofschild	38
7.3.2	Grondddrukschild	38
7.4	Boor- en liggingsnauwkeurigheid	39
7.5	Schema Geslotenfront Boringen	40
8	Direct Pipe	41
8.1	Inleiding.....	41
8.2	Boorproces	41
8.3	Boor- en liggingsnauwkeurigheid	42
9	Liggingsnauwkeurigheid: revisie en nameten.....	43
9.1	Inleiding.....	43
9.2	Revisieverwerking.....	43
9.2.1	Het verwerken van de (analoge) informatie van de booraannemer	43
9.2.2	Digitaliseren van de (analoge)tekeningen van de netbeheerder	44
9.2.3	Aanleg telecommunicatienetwerken	45
9.2.4	Wijziging van de bovengrond.....	45
9.3	Nameten van een hdd-boring en diepe GFT boring.....	46
9.3.1	Hydrostatische meetsystemen	46
9.3.2	Inertiële meetsystemen	46
9.4	Nameten ondiepe boringen	46
9.4.1	Graven van proefsleuven	46
9.4.2	Aanprikken met prikstok	47
9.4.3	Grondradar onderzoek	47
9.4.4	Signaalonderzoek met kabelzoeker.....	47
9.5	Het meetmoment	48
10	Wet- en regelgeving	49
10.1	Inleiding.....	49

10.2	Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten	49
10.3	Normeringen	51
10.3.1	Geschiedenis van de normen in Nederland	51
10.3.2	NEN 1091	53
10.3.3	Europese regels voor pijpleidingen.....	53
10.3.4	NEN 3650	54
10.3.5	NEN3651	57
10.3.6	NEN 7244	58
10.4	Vergunningen.....	61
10.4.1	RWS.....	61
10.4.2	ProRail (Witte boekje).....	63
11	Kwaliteitsborging.....	65
12	Schema liggingsnauwkeurigheid	66
13	Conclusie en aanbevelingen	67
13.1	Conclusie.....	67
13.2	Aanbevelingen.....	67
14	Literatuur.....	69
15	Bijlage Begrippen en afkortingen	70
15.1	Begrippen	70
15.2	Afkortingen.....	70

1 Samenvatting rapportage

Wat is de exacte ligging van een boring of leiding? Dit lijkt een ogenschijnlijk eenvoudige vraag, die gesteld wordt als werkzaamheden nabij een boring moeten plaatsvinden. Het antwoord vinden is moeilijk en kostbaar, vanwege onvolledige registratie uit het verleden en de doorgaans diepere ligging van boringen. Dit was voor de NSTT (Nederlandse Vereniging van Sleufloze technieken) de aanleiding om onderzoek te doen naar de nauwkeurigheid van boringen. Het onderzoek, geeft antwoord op de volgende vragen.

- Hoe nauwkeurig zijn boortechnieken, nu en in het verleden.
- Welke andere factoren (dan boortechniek) hebben invloed op de ligging van een boring.
- Hoe kan een indicatie verkregen worden van de huidige liggingsnauwkeurigheid.

Om iets te kunnen zeggen over de liggingsnauwkeurigheid van boringen moet niet alleen gekeken worden naar de techniek, maar ook naar maatschappelijke ontwikkelingen. Al meer dan een eeuw worden kabels en leidingen in de ondergrond aangelegd. Aan het einde van de 19^{de} eeuw had Nederland vijf nutsnetten: gas, water, elektra, riolering en telefoon, allemaal in handen van lokale overheden. Vanaf de jaren vijftig tot in de tachtiger jaren van de vorige eeuw kwamen er meerdere netwerken bij, zoals gastransport, stadsverwarming, kabeltelevisie, maar ook netwerken voor banken en industrie. Aanleg van deze netten gebeurde traditioneel door graven in de ondergrond en afzinken bij het kruisen van een waterweg. De drukte van kabels en leidingen in de ondergrond nam steeds meer toe en het onderbreken van spoor-, water- en autowegen werd, door grotere economische en maatschappelijke afhankelijkheid, steeds moeilijker. Dit leidde in de jaren zestig tot de eerste toepassingen van sleufloze technieken met openfront- en raketboringen. De eerste boringen zijn voor de Gasunie uitgevoerd, maar al snel volgden andere leiding- en kabeleigenaren. Begin jaren tachtig werd de gesloten front-techniek geïntroduceerd, later gevolgd door de horizontaal gestuurde boring (HDD). Maatschappelijke aspecten, zoals het minimaliseren van de hinder en de veiligheid in de openbare ruimte en technische ontwikkelingen van de boorsystemen zorgden in jaren negentig voor een enorme toename van het gebruik van sleufloze technieken. Het gebruik piekte begin 2000, door het op grote schaal aanleggen van telecommunicatienetwerken (glasvezel). Vandaag de dag, zijn sleufloze technieken niet meer weg te denken uit de maatschappij. In veel gevallen is het zelfs de enige mogelijkheid om zonder grote overlast een kabel- of leidingsysteem aan te leggen.

1.1 Boortechniek en meetsystemen

Sleufloze technieken zijn onder te verdelen in vier boortechnieken: HDD (Horizontal Directional Drilling), GFT (Gesloten Front Techniek), OFT (Open Front Techniek) en raketten. De GFT, OFT en raketten boren (bijna altijd) in een rechte lijn en kennen daardoor een redelijke aanlegnauwkeurigheid. De HDD daarentegen is een techniek, waarbij we altijd te maken hebben met krommingen in het boortracé. In sommige

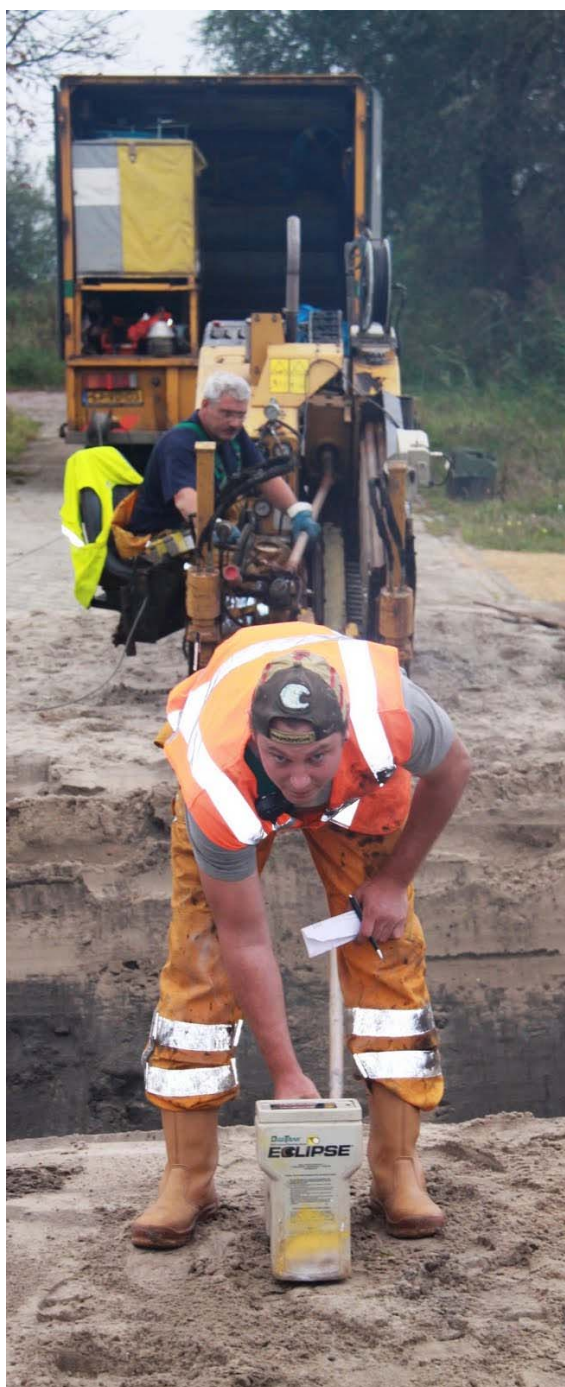
sommige gevallen is dit zelfs een kromming in zowel het horizontale als verticale vlak (X, Y en Z-as). Het goed registreren van de ligging van een HDD-boring is dan ook belangrijk. Bij de laatste drie technieken kan in veel gevallen, door de rechte lijn van aanbrengen, nog met het opgraven van uiteinden van de boring de ligging bepaald worden. Bij de andere drie technieken kan in veel gevallen, door de rechte boorlijn met het opgraven van uiteinden van de boring de ligging bepaald worden. Bij een HDD-boring is dit niet mogelijk en wordt de nauwkeurigheid van de ligging van de boring bepaald door het toegepaste meetsysteem. Voor de plaatsbepaling van het boortracé zijn in de afgelopen decennia drie meetmethoden ontwikkeld: het Walkover systeem, de magnetische stuursystemen, zoals Tensor-TruTrack/Paratrack en plaatsbepaling met behulp van gyroscopen. Deze meetmethodes worden gebruikt tijdens de pilotboring. Bij het ruimen van het boorgat en intrekken van de buis/leiding kunnen door bijvoorbeeld een te krappe boogstraal ook afwijkingen in de aanlegligging ontstaan.

De gyroscoopmeting is de meest nauwkeurige methode. Het walkover systeem is in het verleden het meest toegepast en naar verhouding ook het onnauwkeurigst. Oorzaak van de onnauwkeurigheid is de storingsgevoeligheid van het systeem, als gevolg van magnetische beïnvloeding door bijvoorbeeld elektriciteitskabels. Ontwikkelingen aan de meettechniek hebben de laatste 5 à 10 jaar wel gezorgd voor een vermindering van deze storingsgevoeligheid.

1.2 Registratie

De vraag naar registratie van kabel en leidinginfrastructuur loopt parallel met de ontwikkeling van het gebruik van sleufloze technieken. In de jaren zeventig is door het ministerie van Financiën een werkgroep ingesteld, om richtlijnen op te stellen voor het registreren van ondergrondse kabels en leidingen. Het resultaat was het wetsontwerp Leidingenregistratie (in feite een registratie van leidingbeheerders). Dit wetsontwerp werd in 1986 ingetrokken onder grote druk van de leidingbeheerders zelf. De vraag of en hoe de ligging geregistreerd moest worden, werd daarmee aan beheerders zelf overgelaten. Dit resulteerde in de oprichting van het Kabels en Leidingen Informatie Centrum (KLIC), een stichting waaraan nutsbedrijven, overheden, particuliere bedrijven met ondergrondse belangen en waterschappen deelnamen en financieel bijdroegen. Eisen aan de nauwkeurigheid van de ligging van de ondergrondse infrastructuur werden niet gesteld. Door veel kabel en leidingschades, het ongeluk in het Belgische Gellingen en artikelen in landelijke dagbladen is in 2008 de Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten (WION) gekomen. In die wet zijn wel eisen aan de nauwkeurigheid van de netten gesteld. De ontwikkelingen binnen het registratieproces hebben hun weerslag gehad op de nauwkeurigheid van de registratie van de ondergrondse infrastructuur en ook op die van de boringen.

1.3 Registratie van een boring



Naast de nauwkeurigheid van het boren is ook de wijze van registratie van de boorgegevens belangrijk om iets te kunnen zeggen over de liggingsnauwkeurigheid van een boring. In het verleden werd er weinig aandacht besteed aan het goed vastleggen van een boring. De twee belangrijkste punten waar het mis kon gaan, waren het gebruik maken van zelfgekozen vaste punten voor de liggingsmeting, deze bleken later niet goed meer te herleiden, en het handmatig uitwerken van de as-built tekeningen. Dit bleek een bron van fouten te zijn, mede doordat handmatige (analoge) boortekeningen later zijn omgezet naar digitale tekeningen. Bij het omzetten naar een digitale tekening zijn onnauwkeurigheden ontstaan door:

1. Het digitaliseren meestal uitgevoerd werd door mensen zonder kennis van landmeetkunde,
2. De schaal van sommige analoge kaarten dusdanig groot was dat de getekende lijn op ware grootte, als snel enkele decimeters tot een meter breed is,
3. Het vrijwel nooit opnemen van dekkingsgegevens op analoge kaarten,
4. De analoge kaarten vaak afwijken van de huidige werkelijke toestand van het maaiveld.

Vooraf bij de uitvoering van grootschalige digitaliseringsslagen, ten tijde van de KLIC en WION, is de onnauwkeurigheid van de gegevens ontstaan en waardevolle revisie informatie (details) verdwenen.

Als voorbeeld: Voor HDD boringen werd in het verleden meestal enkel het diepte profiel van de boorder verlangd en niet de horizontale boog. Het gevolg hiervan is dat na het digitaliseren op de tekening een rechte lijn staat, die niet overeenkomt met de werkelijkheid.

1.4 Inschatten van boor- en liggingsnauwkeurigheid

Het bepalen van de exacte ligging van een boring is afhankelijk van de boortechniek, meetmethode en de registratie van de meting. Geconcludeerd kan worden dat niet zonder meer aangenomen kan worden dat een boring de nauwkeurigheid heeft, die de WION stelt aan de ligging van kabels en leidingen. Om een inschatting van de aanleg en liggingsnauwkeurigheid te maken heeft de NSTT voor iedere techniek een model ontwikkeld op basis van zekerheden.

Opsporen en opnieuw inmeten kan door het ontbreken van goede gegevens dan ook noodzakelijk zijn. Bij de ondiepere Open Front Techniek, Gesloten Front Techniek en raketboringen kan met meestal volstaan worden met het opzoeken van de uiteinden van de boring en het trekken van een rechte lijn tussen deze punten. Bij horizontaal gestuurde boringen ligt dit gecompliceerder en zijn andere complexere opsporingsmethodes noodzakelijk, zoals het nameten met een gyroscoop.

De huidige sleufloze technieken zijn zover geëvolueerd dat tegenwoordig, zeer nauwkeurig geboord en gemeten kan worden (op centimeters nauwkeurig). Men moet daarbij wel het juiste stuursysteem kiezen, digitaal meten met een vast punt vanuit het RD-net en deskundig de gegevens op de revisie- en beheerstekening verwerken.

2 Inleiding

2.1 Achtergrond

Al meer dan een eeuw worden kabels en leidingen in de ondergrond aangelegd. Aan het einde van de 19^{de} eeuw had Nederland vijf nutsnetten: gas, water, elektra, riolering en telefoon, allemaal in handen van lokale overheden. Vanaf de vijftiger tot tachtiger jaren van de vorige eeuw kwamen er meerdere netwerken bij, zoals gastransport, stadsverwarming, kabeltelevisie, maar ook netwerken voor banken en industrie. Aanleg van deze netten gebeurde traditioneel door graven in de ondergrond en afzinken bij het kruisen van een waterweg. De drukte van kabels en leidingen in de ondergrond nam steeds meer toe en het onderbreken van spoor-, water- en autowegen werd, door grotere economische en maatschappelijke afhankelijkheid, steeds moeilijker. Dit leidde in de jaren zestig tot de eerste toepassingen van sleufloze technieken met openfront- en raketboringen. De eerste boringen zijn voor de Gasunie uitgevoerd, maar al snel volgden andere opdrachtgevers. Begin jaren tachtig wordt de gesloten front-techniek geïntroduceerd, later gevolgd door de horizontaal gestuurde boring.

Maatschappelijke aspecten, zoals het minimaliseren van de hinder en de veiligheid in de openbare ruimte en technische ontwikkelingen van de boorsystemen zorgden in jaren negentig voor een toename van het gebruik van sleufloze technieken. Later kwam daar de schaarser wordende ruimte voor kabels en leidingen in de ondergrond nog bij. Begin 2000 worden op grote schaal telecommunicatie-netwerken (glasvezel) aangelegd. Dit zorgde voor een piek in het gebruik van horizontaal gestuurde boringen bij de kruising van infrastructurele objecten.

In de onderstaande figuur is de ontwikkeling van de sleufloze (boor)technieken in een tijdsbalk weergegeven.

Technieksoort	1900	1960	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Openfront	→ handmatige ontgraving voor in de kop												→ gestuurde avegaar			
		→ Avegaar											→ avegaar met waterslot			
Geslotenfront				→ geslotenfront boring									→ direct pipe			
HDD							→ HDD-boringen			→ steeringtool						→ optische gyro
										→ gyro						
Raketten		→ raketten														

Figuur 1: Tijdsbalk ontwikkeling boortechnieken

Het gebruiken van boortechnieken geeft ook discussie: - hoe nauwkeurig is boortechniek bij aanleg? - hoe nauwkeurig is een leiding na te meten? Kabels en leidingen die met sleufloze technieken aangebracht zijn, liggen doorgaans op grotere diepten onder het maaiveld (van enkele tot tientallen meters). Meten van de ligging

is daardoor een kostbare aangelegenheid, zeker bij kruisingen met waterwegen. Soms is controleren niet mogelijk, doordat een vast object (gebouw) gekruist wordt.

Met de ontwikkeling van de boortechnieken hebben er ook innovaties op het gebied van meetsystemen plaatsgevonden. Zo is de afwijking bij aanleg verminderd en de nauwkeurigheid van meten vergroot. Hierdoor is tijdens de uitvoering beter 'te sturen' en na aanleg een leiding eenvoudiger te vinden.

Deze achtergrond heeft bij NSTT geleidt tot de volgende onderzoeksvraag:

“Wat is de aanleg- en liggingsnauwkeurigheid van sleufloze technieken en welke factoren oefenen hier invloed op uit?”

2.2 Doel van het onderzoek

Doel van dit onderzoek is inzicht te geven in de nauwkeurigheid van de ligging van kabel- en leidingtracés, die met sleufloze technieken aangelegd zijn. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de aanlegnauwkeurigheid en de liggingsnauwkeurigheid in de gebruiksfase. Het gehele spectrum van boortechnieken en meetmethoden is daarvoor in kaart gebracht. Ook wordt er aandacht besteed aan nauwkeurigheid van registraties, zoals het verwerken van revisie en digitaliseren van tekeningen en aan omgevingsfactoren die invloed uitoefenen op de nauwkeurigheid.

Het gebruik van de onderzoeksresultaten levert voldoende kennis op, om bij de voorbereiding van projecten:

- De liggingsnauwkeurigheid van de bestaande kabels en leidingen in boringen in te schatten.
- De risico's in te schatten voor de uitvoering van een project.
- De mogelijkheden voor het toepassen van sleufloze technieken te bepalen.
- De liggingsnauwkeurigheid te vergroten.

2.3 Organisatie

Het onderzoek is uitgevoerd door de werkgroep 'Diepteligging' van de NSTT. De werkgroep is een afvaardiging van belanghebbenden. Aan deze werkgroep hebben de volgende leden deelgenomen:

ing. E.J. Achterhuis (Ernest-Jan) – voorzitter	Fodere
O. Ballintijn (Otto)	Reduct
dr. ir. W. Broere (Wout)	TU Delft
J.G.W. Robbe (Gerrie)	A. Hak Leidingbouw
G. H. Snikkenburg (Gerard)	Visser & Smit Hanab
M. Wagter (Marcel)	Wagter & Zoon
drs. S.F. van der Weide (Sieb)	Gemeente Utrecht / GPKL
P. Ammerlaan (Patricia)	Fugro

3 Leeswijzer

Om eenvoudig een indicatie van de aanleg- en liggingskeurigheid te kunnen bepalen, zijn per boortechniek schema's opgesteld. Deze schema's zijn te vinden in de hoofdstukken waar de boortechniek wordt beschreven. Ook is er een schema voor de liggingsnauwkeurigheid gemaakt deze is te vinden in hoofdstuk 12. De schema's moeten op de volgende manier gebruikt worden om een indicatie van de boor- of liggingsnauwkeurigheid te verkrijgen.

Stap 1: Uitzoeken van de benodigde gegevens.

De onderstaande tabellen geeft een overzicht van de benodigde gegevens, die voor het invullen van het schema's nodig zijn.

Item	Beschrijving
Materiaal van leiding(en) of mantelbuis(en)	Type materiaal van de boorbuis(en).
Datum van aanleg	Datum wanneer de leiding of mantelbuis geboord is
Stuursysteem (alleen voor HDD-boringen)	Het type stuursysteem dat gebruikt is om de locatie van de boorkop vast te stellen. Indien het type stuursysteem niet te achterhalen is, kan de meest waarschijnlijke optie in het hoofdstuk van de boortechnieken opgezocht worden.
Geotechnische Informatie	Opbouw van de grond op basis van sonderingen of grondboringen. Indien de geotechnische gegevens niet bekend zijn kan een indicatie verkregen worden op de website: http://www.bodemdata.nl/bodemdatanl/kaartframeset.htm
Revisie verwerking	Manier hoe de boring is ingemeten

Tabel 1: Benodigde gegevens boring voor invullen van het schema boornauwkeurigheid

Item	Beschrijving
Materiaal van leiding(en) of mantelbuis(en)	Type materiaal van de boorbuis(en).
Regelgeving en normen van toepassing	Normen van toepassing bij de aanleg
Revisie	Hebben de boortekeningen een revisie en/of digitaliseringbewerking gehad.
Is de ligging nagemeten	Is de boring naar aanleg ingemeten

Tabel 2 Benodigde gegevens voor invullen van het schema liggingsnauwkeurigheid

Stap 2: Verzamel per item de bijbehorende kleurcode.

Na invullen, wordt per item een kleur verkregen. De volgende kleurcode's zijn in het schema verwerkt.



Figuur 2: Overzicht kleurcodes

Stap 3: Lees de indicatie van de boring- en liggingsnauwkeurigheid af:

- Voor een indicatie van de boringsnauwkeurigheid, alleen schema boornauwkeurigheid raadplegen
- Voor een indicatie van de liggingsnauwkeurigheid, zowel het schema van de boornauwkeurigheid en het schema liggingsnauwkeurigheid (hfdst 12) raadplegen.

Stap 4: Tellen van de kleurcodes:

Door optellen van de kleurcodes wordt een nauwkeurigheidsindicatie verkregen. Bij het optellen de volgende rekenmethode hanteren:

3*  =  (drie maal geel is oranje)

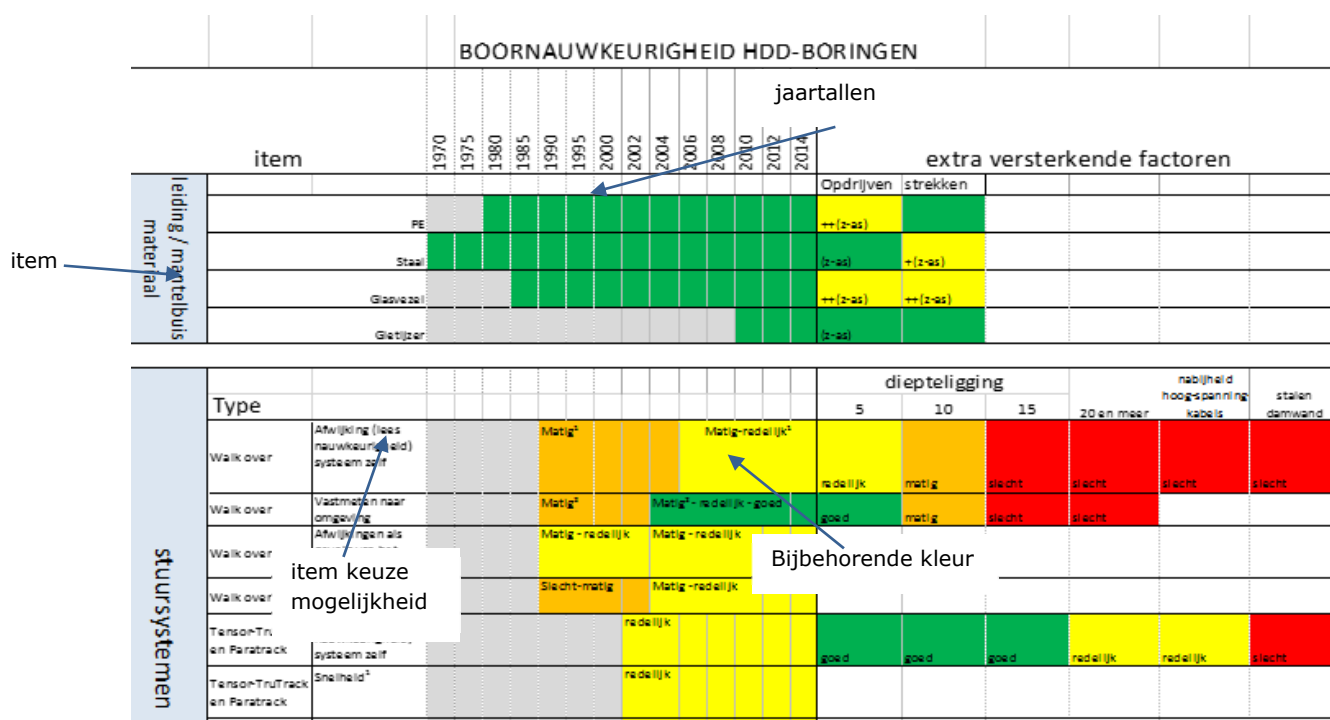
3*  =  (drie maal oranje is rood)

 (donkergroen) heeft geen invloed op de berekening bij schema boornauwkeurigheid

 (donkergroen) overruled alle kleuren bij het schema liggingsnauwkeurigheid

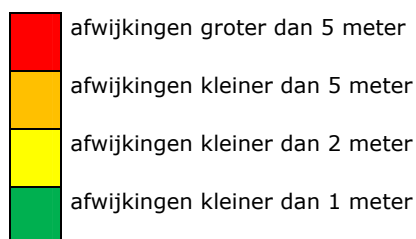
 (grijs) geen invloed of niet relevant

In figuur 3 is het schema van HDD-boringen als een voorbeeldschema gegeven.



Figuur 3: Voorbeeld nauwkeurigheidsschema

Stap 5: Na het optellen van de kleuren kan op basis van onderstaande tabel (figuur 4) een indicatie van de boor- of liggingsnauwkeurigheid verkregen worden



Figuur 4: Aflezen nauwkeurigheid

Stap 6: Verwerken van de nauwkeurigheid in een ontwerp

De afwijkingen kunnen in een ontwerp-tekening opgenomen worden, door de tracélijn als vlak (inclusief afwijking aan beide zijde van het hart boring) weer te geven. Hiermee worden de risico's op schade in een project verkleind.

4 Horizontaal Gestuurd Boren (HDD)

4.1 Inleiding

Horizontaal gestuurd boren (HDD Horizontal directional drilling) is een veel gebruikte methode om kabelmantelbuizen en leidingen onder objecten, zoals rivieren, kanalen, spoorbanen en grote wegen door te boren. De techniek wordt toegepast vanaf de jaren zeventig en is afgeleid van boortechnieken uit de olie-industrie. Begin 2000 ontstaat er een piek in het gebruik, door het op grote schaal aanleggen van telecommunicatienetwerken.

	Aantal geboorde meters HDD	Indicatie aantal HDD per Jaar
1985-1990	29.952 mtr	75
1990-1995	110.611 mtr	277
1995-2000	390.887 mtr	977
2000-2005	1.507.257 mtr	3768
2005-2010	1.978.958 mtr	4947
2010-2011	792.440 mtr	9906
2010-2015	1.981.100 mtr	4953

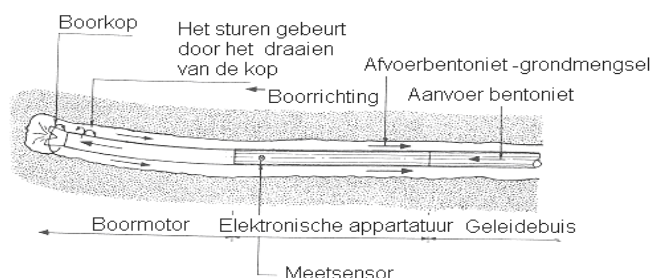
Tabel 3: Overzicht aantallen HDD boringen in de tijd

4.2 Boorproces

4.2.1 algemeen

Het gestuurd boren vindt plaats vanaf het maaiveld met behulp van een boorstelling (ook wek rig genoemd). Het boorproces verloopt altijd in drie fasen: de pilotboring waarmee het tracé wordt bepaald, de ruimgang om het boorgat op de gewenste diameter te brengen en het intrekken van de leidingstreng of pijpenbundel.

Een pilotboring is als volgt opgebouwd: een boorkop (stuurkop met jetbit), daar achter de plaatsbepalingsunit en vervolgens de boorbuizen. Tijdens het boren worden op de boorstelling de boorbuizen steeds aangeschroefd. Men spreekt van boren, maar in werkelijkheid wordt de grond voor het jetbit los gespoten.

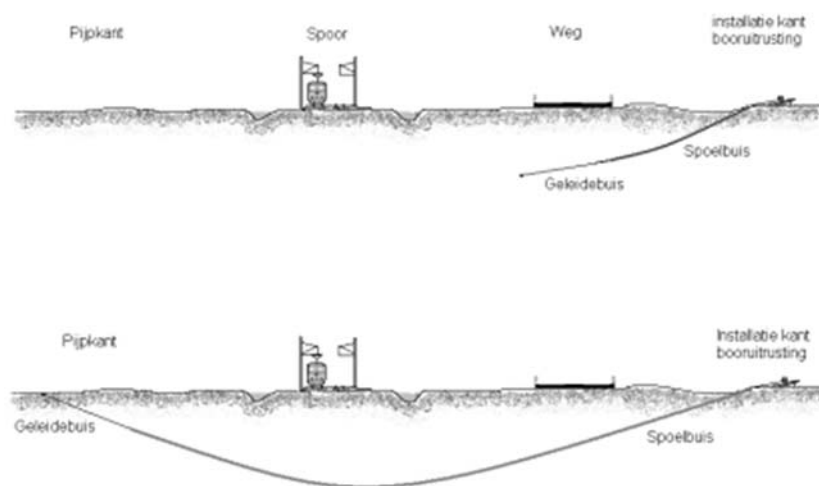


Figuur 5: aandrijving boorkop

De boorstelling staat bij het intredepunt onder een hoek met het horizontale vlak opgesteld. Vandaaruit wordt de pilotboring geboord. Aan de hand van het te kruisen object, de grondgesteldheid en de afmetingen van de te installeren leiding of pijpenbundel bestaat de boring uit verticale en eventueel horizontale bochten. Bij

het uittredepunt komt de pilotboring eveneens onder een hoek met het horizontale vlak weer aar boven.

In Figuur 6: Uitvoeren van de pilotboring is het proces schematisch weergegeven.



Figuur 6: Uitvoeren van de pilotboring

Het mengsel van water en bentoniet, dat bij de boorkop vrijkomt, wordt aangevoerd via de boorstreng en mengt zich met de los gespoten grond voor de boorkop, de zogenaamde boorspoeling of boorslurry. Vervolgens wordt de boorspoeling via de ringruimte rondom de boorstreng naar het intredepunt afgevoerd. Het mengsels van bentoniet en water heeft de volgende functies:

- Losspuiten van de grond voor de boorkop.
- Transporteren van de los gespoten grond tot buiten het boorgat.
- Smeren van de boorstreng en de in te trekken leiding.
- Stabiliseren van het boorgat.
- Het vormen van een filtercake in de boorgatwand.

Nadat de pilotboring bij het uittrede punt is boven gekomen, start de tweede fase van het boorproces: 'de ruimgang'. Hiervoor wordt de boorkop en de plaatsbepalingsunit van de boorstreng verwijderd en een ruimer bevestigd

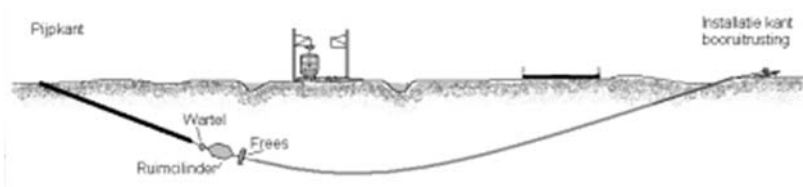


Figuur 8 Ruimer

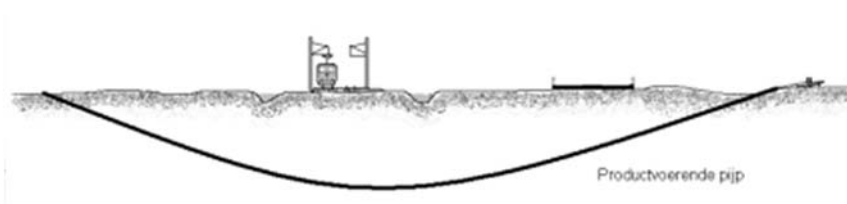
Als de gewenste diameter van het boorgat bereikt is, volgt de laatste fase: 'het intrekken van de leiding of pijpenbundel'. De productiebuys (leiding of bundel van leidingen) is uitgelegd op rolstellen en aan de voorzijde voorzien van een trekkop. De trekkop wordt aan de boorstangen bevestigd door een swivel (of wartel), die verbonden is met een ruimer. De swivel voorkomt het doorlopen van de rotatie van de boorstang en ruimer naar de in te trekken leiding of bundel.



Figuur 7 Ruimer



Figuur 9: Ruimen van het boorgat



Figuur 10: Ingetrokken productiebuys

4.2.2 Boorstelling

Boorstellingen (rig) zijn in drie categorieën te verdelen: mini-, midi- en maxi-rig. Afhankelijk van de grondsoort, diameter en de lengte van de uit te voeren boring wordt de zwaarte van de boorstelling bepaald.



Figuur 11: Boorstelling / rig



Figuur 12 (100 tons) boorstelling

4.2.3 Boorstangen

De boorstangen worden in alle fasen van het boorproces gebruikt. Een boorstang mag geen kromming hebben die groter is dan in de API specification 5D 'Specifications for Drill Pipe' staat aangegeven. Kromme boorstangen kunnen afwijkingen in het boortracé veroorzaken, daarnaast is er een vergroot risico op breuk. De aannemer zal boorstangen verwijderen om dit te voorkomen.



Figuur 13 (250 tons) boorstelling

4.2.4 Stuurmechanisme

De boorkop is het stuur van de pilotboring, daarvoor is in de boorkop een kleine knik aangebracht. Zolang de boorstang met boorkop ronddraait, volgt deze een rechte lijn. Om te sturen wordt de knik in de boorkop in de gewenste richting gedraaid en zonder roteren verder door de grond gedrukt. Door de knik zal de boorkop de gevraagde kant op gaan.



Figuur 14 aankomst boorkop

Controle op het sturen van de boring vindt achteraf plaats, door de X, Y en Z positie van de boorbuis te vergelijken met theoretisch boorprofiel. Zo nodig wordt de boorstang voor een deel terug getrokken om vervolgens weer voor uit te boren om de opgegeven positie zo goed mogelijk te bereiken.

4.3 Plaatsbepaling

Om de plaats van de boorkop te bepalen bestaan drie verschillende stuursystemen;

1. Walk-over systeem
2. Magnetische stuursystemen (steeringtool)
3. Gyroscop

Hoe deze systemen werken en welke invloed ze hebben op de boornauwkeurigheid wordt in de volgende paragrafen beschreven. Daarbij wordt aandacht besteed aan afwijkingen die kunnen optreden in de plaatsbepaling.

4.3.1 Walk-over systeem

Het walk-over systeem maakt gebruik van een zender vlak achter de boorkop en de



ontvanger op het maaiveld. De nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt sterk beïnvloed door aanwezige magnetische velden, opgewekt door kathodische beschermingssystemen van bestaande leidingen en door in de grond gelegde hoogspanningskabels. In de loop van de afgelopen vijf tot tien jaar zijn verbeterde walk-over systemen op de markt gekomen. De verbeteringen zijn vooral

Figuur 15 walk-over stuursysteem

gericht op het verminderen van de beïnvloeding door magnetische velden. Een bijkomend voordeel van de verbetering is een groter diepte bereik.

Algemeen kan gesteld worden dat afwijkingen in plaatsbepaling bij gebruik van een walk-over systeem drie oorzaken hebben:

1. Afwijking van het systeem zelf, zoals hiervoor aangegeven.
2. Afwijking ontstaan als gevolg van het boren.
3. Afwijking als gevolg van het vast meten aan de omgeving.

In onderstaande tabel zijn nauwkeurigheden en afwijkingen in plaatsbepaling aangegeven bij het gebruik van een walk-over systeem. In de tabel is de scheiding tussen het verbeterde en het niet-verbeterde systeem arbitrair bij het jaar 2005 gelegd.

	Voor 2005	Na 2005
Afwijking (lees nauwkeurigheid) systeem zelf	Matig ¹	Matig-redelijk ¹
Vastmeten naar omgeving	Matig ²	Matig ² Redelijk-goed ³
Afwijkingen als gevolg van het boren ⁴	Matig - redelijk	Matig - redelijk
Verwerken van de as-built ⁵	Slecht-matig	Matig - redelijk

1- De nauwkeurigheid neemt af met de diepte als gevolg van storingsgevoeligheid. Dit gold voor de systemen van voor 2005, maar ook van die na 2005.

2- Veelal gebruik gemaakt van zelf gekozen vaste punten in de omgeving. Maar zijn deze vaste punten later nog terug te vinden?

3- Meer en meer wordt gebruik gemaakt van vaste punten die zijn vastgelegd aan het RD-net.

4- Bij dit aspect speelt vooral de ervaring een belangrijke rol. Scholing kan hier positief werken. Nog onduidelijk is of er voor 2005 en daarna een verbetering is opgetreden. Mee spelen ook de grondgesteldheid en de aanwezigheid van de bestaande ondergrondse infrastructuur, omdat de boringen vaak in stedelijk gebied en op geringere diepte worden uitgevoerd.

5- Veel as-built werd handmatig uitgevoerd; nu veel meer digitaal.

Tabel 4: Nauwkeurigheid en afwijkingen in plaatsbepaling met walk-over systeem

4.3.2 Magnetische Stuursystemen (steeringtool)

Om de plaats van de pilotboring te bepalen werken magnetische stuursystemen met een zelf aangebracht magnetisch veld, dat veel sterker is dan het aardmagnetisch veld. Deze systemen zijn minder gevoelig voor verstoringen uit de omgeving in vergelijking met een walk-over systeem, maar niet ongevoelig.

Bij het gebruik van magnetische stuursystemen is het noodzakelijk een lus of één enkele draad op het maaiveld parallel aan het boortracé te leggen. Dit is een nadeel van deze systemen, omdat zowel de lus als draad niet mag verplaatsen en ze nauwkeurig in kaart gebracht moet worden door traditionele landmeting. Ligt er over een gedeelte van het tracé geen lus of draad, dan wordt er zogenaamd 'blind' geboord, d.w.z. door gebruik te maken van het aardmagnetisme.



Figuur 16 (330 tons) boormachine

4.3.3 Gyroscopen

Het gebruik van gyroscopen heeft als grote voordeel dat ze ongevoelig zijn voor magnetische invloeden. Er bestaan twee systemen, de mechanische gyroscoop en een optische gyroscoop. De laatste heeft geen bewegende onderdelen. Ook het gebruik van gyroscopen kent nadelen, ze zijn namelijk gevoelig voor trillingen. Dit aspect speelt alleen een rol bij gesteente boringen. Ook voor deze systemen geldt dat er ondertussen verbeteringen in zijn aangebracht. De mechanische gyroscoop wordt voor het pilotboren nagenoeg niet meer gebruikt.

In de onderstaande tabel worden magnetische stuursystemen (A) met een optische gyroscoop (B) vergeleken.

	A	B
Afwijking (lees nauwkeurigheid) systeem zelf	redelijk	goed
Snelheid ¹	redelijk	hoog
Afwijkingen als gevolg van het boren	redelijk	goed

¹- Tijdens het boren zijn regelmatig survey data beschikbaar.

Tabel 5: vergelijking Tensor-Tru Track en Paratrack met Optische gyroscoop

Diverse opdrachtgevers schrijven voor, dat na het installeren van de leiding of bundel er nog een nameting met een optisch gyroscoop moet plaatsvinden. Deze data vormt de basis voor de op te stellen as-built tekeningen.

4.4 Risico's

Naast de nauwkeurigheid van boren en de wijze van plaatsbepaling, kent het gestuurd boren nog andere risico's, die invloed hebben op de nauwkeurigheid van de boring of ligging. Bij het gestuurde boren worden verschillende materiaalsoorten gebruikt voor de leiding of mantelbuis. Materiaalsoorten beschikken over verschillende stijfheden of soortelijk gewicht. Dit kan tot afwijkingen leiden van het boortracé of de latere ligging.

Materiaalsoort	Flexibiliteit (relatief)	Soortelijk gewicht (relatief)
PE	Flexibel	Laag
Staal	Stijf	Hoog
Glasvezel	Stijf	Laag
Gietijzer	Hoekverdraaiing op de verbinding	Hoog soortelijk gewicht.

Tabel 6: Relatieve stijfheden en soortelijk gewicht materialen voor leidingen

Risico's op afwijkingen tijdens de uitvoering van een gestuurde boring:

- In heel slappe gronden bestaat de mogelijkheid dat tijdens het intrekken (derde fase van het boorproces) de leiding gaat strekken en daardoor afwijkt van de oorspronkelijke ruimgang (afwijking z-as).
- Opdrijven/zinken in het boorgat. Hierbij is de afwijking gelimiteerd aan de grote van het boorgat (afwijking z-as).

Risico's op afwijkingen tijdens de gebruiksfase van de mantelbuis of leiding

- Opdrijven/zinken doordat de locatie van de boring zich in slappe lagen bevindt (afwijking z-as).
- Verplaatsen in horizontaal vlak, indien de boring zich in een slappe laag bevindt en er bouwactiviteiten (bijvoorbeeld een

ophoging/grondwaterontrekking) in de directe nabijheid hebben plaats gevonden, waardoor verschuivingen in de ondergrond zijn ontstaan (afwijking x,y,z-as)

Voordelen van het gebruik van gestuurde boringen zijn: het niet nodig hebben van een bouwkuip en het niet hoeven verlagen van het grondwaterniveau door bemaling. Nadeel van deze boortechniek is: het risico op muduitbraken en zettingen. Voor aanvang van de boring muddrukberekeningen maken verminderd de kans op muduitbraken. Deze berekeningen worden alleen gemaakt voor boringen uitgevoerd met een mid- of maxi-boorstelling.

4.5 Schema Gestuurde Boringen

Met behulp van het onderstaande schema kan men een indicatie van de boornauwkeurigheid krijgen.

BOORNAUWKEURIGHEID HDD-BORINGEN																					
item		1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	extra versterkende factoren					
leiding / mantelbuis materiaal																Opdrijven	strekken				
	PE															++ (z-as)					
	Staal															(z-as)	+	(z-as)			
	Glasvezel															++ (z-as)	++ (z-as)				
	Gietijzer															(z-as)					
stuursystemen	Type															diepteligging				nabijheid hoog-spanning kabels	stalen damwand
																5	10	15	20 en meer		
	Walk over	Afwijking (lees nauwkeurigheid) systeem zelf				Matig ¹						Matig-redelijk ¹				redelijk	matig	slecht	slecht	slecht	slecht
	Walk over	Vastmeten naar omgeving				Matig ²				Matig ² - redelijk - goed					goed	matig	slecht	slecht			
	Walk over	Afwijkingen als gevolg van het boren ⁴				Matig - redelijk				Matig - redelijk											
	Walk over	Verwerken van de as-built ⁵				Slecht-matig				Matig -redelijk											
	Tensor-TruTrack en Paratrack	Afwijking (lees nauwkeurigheid) systeem zelf								redelijk					goed	goed	goed	redelijk	redelijk	slecht	
	Tensor-TruTrack en Paratrack	Snelheid ¹								redelijk											
	Tensor-TruTrack en Paratrack	Afwijkingen als gevolg van het boren								redelijk											
	Gyro	Afwijking (lees nauwkeurigheid) systeem zelf								goed			diameters		goed	goed	goed	goed	geen invloed		
Gyro	Snelheid ¹								hoog			diameters									
Gyro	Afwijkingen als gevolg van het boren								goed			diameters									
invloed van grondamen-stelling	type grond															grond over-gangen	diamer leiding				
	veen																klein				
	klei																				
	zand																				
	grind																				
revisie verwerking																					
	gebruik gemaakt van zelf gekozen vaste punten																				
	as-built handmatig uitgevoerd																				
	gebruik gemaakt van vaste punten die zijn vastgelegd aan het RD-net																				
	digitaal verwerken																				

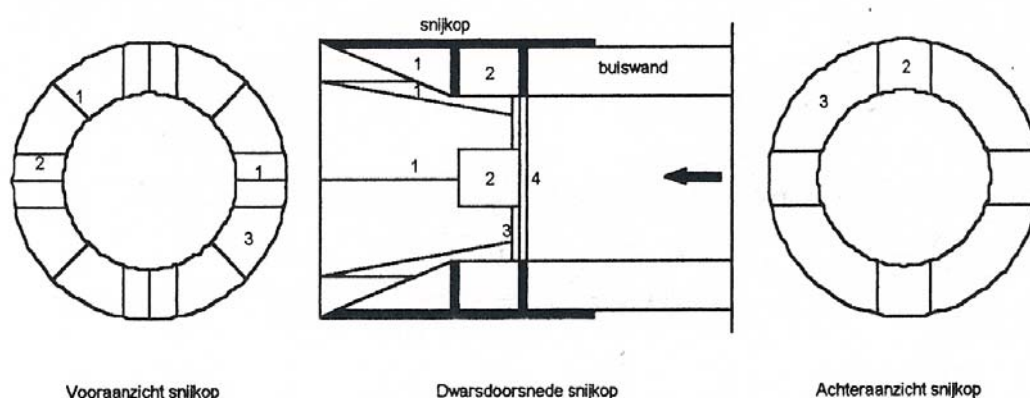
5 Open Front Techniek (OFT)

5.1 Inleiding

Binnen het spectrum van boortechnieken is de Open Front Techniek de oudste en tot op heden de meest toegepaste techniek. Aantallen gemaakte boringen zijn echter nooit geregistreerd. Het is een boor/perstechniek, waarvan de kosten relatief laag zijn ten opzichte van andere boortechnieken.

Een open front techniek wordt niet vanaf maaiveld, zoals een HDD-boring, maar vanuit een bouw-/perskuip uitgevoerd. De techniek kenmerkt zich door een open buis, waardoor grond vanaf de voorzijde (de kop) via de geperste buis afgevoerd wordt. Als gevolg van het open front is deze techniek alleen geschikt om boven de grondwaterspiegel uit te voeren of in situaties waar de grondwaterstand tijdelijk door bemaling verlaagd is.

Afhankelijk van de snijkop en binnendiameter van de buis is deze techniek bestuurbaar. In onderstaand Figuur 17: Bestuurbare kop Open Front Techniek is een bestuurbare snijkop weergegeven.



Legenda

1. Verstevingingsschot
2. Vijzelkasten waar handvijzels in worden geplaatst i.g.v. een stuur-correctie
3. Drukkring t.b.v. krachtverdeling
4. Drukkring ter bescherming van buis

Figuur 17: Bestuurbare kop Open Front Techniek

Open front technieken zijn in twee categorieën in te delen:

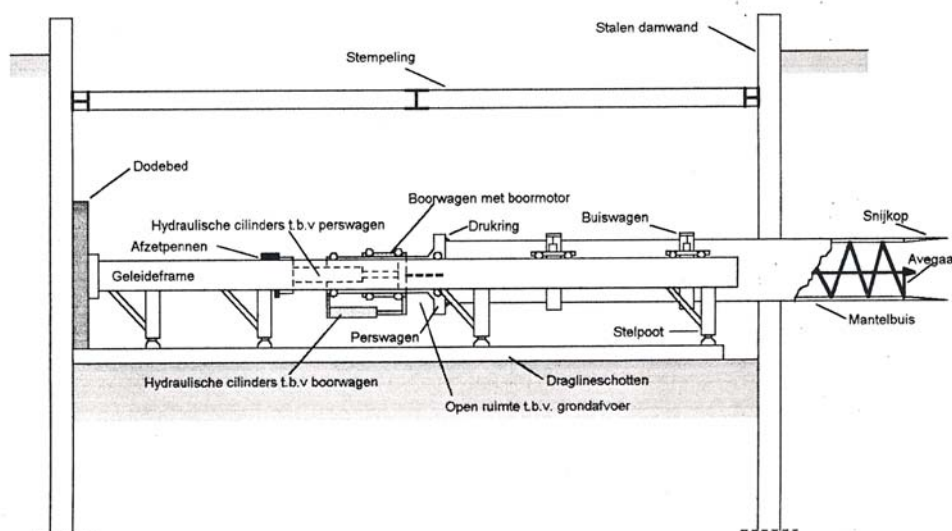
1. Boren met de avegaar
2. Ontgraven voorin de buis

In de volgende paragrafen worden deze categorieën verder uitgewerkt.

5.2 Boren met een avegaar

5.2.1 Boorproces

Een avegaar (grondboor), werkt volgens het principe van de schroef van Archimedes. Het is een schroefworm, die de afgegraven grond vanaf de snijkop (graaffront) afvoert naar de persput. De voorkant van de avegaar bevindt zich direct achter de snijkop. De avegaar bestaat uit aan elkaar gekoppelde elementen, wat iedere gewenste lengte mogelijk maakt. In Figuur 18: Boren met een avegaar is het principe weergegeven.



Figuur 18: Boren met een avegaar

Het gebruik van een avegaar is gelimiteerd tot buizen met een inwendige diameter die kleiner is dan 1200 mm. Vanaf deze diameter zal overgestapt moeten worden op handmatig of machinaal ontgraven voorin de buis.



Figuur 19 kleine avegaar boring

In de perskuip, waar zich de pers-/boorinstallatie in bevindt, is een dodebed aangebracht. De hydraulische vijzels (cilinders) van de persinstallatie zetten zich daar tegen af. Via een drukkring worden vervolgens perskrachten overgebracht op de in de grond aan te brengen buis. De drukkring moet altijd vlak tegen de buis aan drukken, dat zorgt voor een gelijkmatige verdeling van de perskrachten over het buisoppervlak en voorkomt piekspanningen.

Door het verhogen van de druk in de perscilinders, worden de persstangen uit de cilinders gedrukt en daarmee de buis in de grond. Via de snijkop aan het boorfront (graaffront), komt grond in het eerste buiselement. Door gelijktijdig met het persen

de avegaar te laten draaien, wordt de ingekomen grond losgewoeld en naar de persput afgevoerd. De avegaar wordt aangedreven door een motor, die aan het



geleideframe van de persinstallatie is bevestigd. De aandrijving van de avegaar geschiedt meestal hydraulisch. De grond wordt vervolgens hand of machinaal uit de persput verwijderd en afgevoerd.

De snelheid van persen en de rotatiesnelheid van de avegaar moeten goed op elkaar afgestemd zijn, anders kan er 'propvorming' in de buis of 'overruimte' aan het graaffront ontstaan.

Figuur 20 avegaar

Propvorming: De avegaar draait te langzaam ten opzichte van de perssnelheid.

Als de avegaar te langzaam draait, dan wordt te weinig grond uit de buis weggehaald. Dit heeft tot gevolg dat er een grondophoping voor de snijkop ontstaat, een zogenaamde 'prop'. De perskrachten kunnen oplopen met het risico dat bovenliggende grond opperst.

Overruimte De avegaar draait te snel ten opzichte van de perssnelheid.

Als de avegaar te snel draait, dan wordt er teveel grond weggehaald. Dit heeft tot gevolg dat een overruimte ontstaat, met het risico op zakking van de bovenliggende grond. De snijkop verliest zijn kopdruk en kan niet goed meer functioneren.

5.2.2 Boor- en liggingsnauwkeurigheid

De boornauwkeurigheid is afhankelijk van de uitvoering van de avegaar persing. Wordt deze goed uitgevoerd, dan kan men als vuistregel een afwijking van 1 cm per 1 meter aanhouden. Factoren die invloed hebben op de nauwkeurigheid zijn:

- Het stellen van het persframe (diepte, horizontale en verticale hoek).
- Controle van de ligging van de te persen boorbuis.
- Stijfheid van de boorbuis (doorgaans groot, door de toepassing van stalen buizen).

Is een grotere nauwkeurigheid vereist, dan kan een gestuurde avegaar methode gebruikt worden.

De liggingsnauwkeurigheid wordt verkregen door het inmeten van in- en uittredepunt. De rechte lijn tussen deze meetpunten heeft een minimale afwijking

(maximaal 0,5 meter). Liggen deze boringen er langere tijd, dan hebben de grondslag en type materiaal invloed op de liggingsnauwkeurigheid.

Veel persingen zijn aangebracht in gezette grondlichamen (onder de weg of spoorbaan), gecombineerd met een stalen buis (hoge stijfheid) is de verwachte zetting beperkt. Door opnieuw inmeten van in- en uittredepunt kan ook hier met in achtneming van een veiligheidsmarge van 0,5 meter een rechte lijn getrokken worden.



Figuur 21 avegaar boring

Zijn de beschikbare meetgegevens niet in RD-coördinaten beschikbaar, dan altijd in- en uittredepunt opnieuw opzoeken en inmeten. Het feit dat de gestuurde avegaar boring pas vanaf 2008 wordt toegepast, zal het in- en uittredepunt veelal met behulp van een GPS-systeem ingemeten zijn. De combinatie van de hoge aanlegnaauwkeurigheid en de toepassing van een GPS systeem mag voor de boring van een rechte lijn worden uitgegaan.

Middels gestuurde avegaar zijn ook flexibele (mantel)buizen ingetrokken, die gevoeliger zijn voor zettingen dan de stalen persbuizen. Een afwijking / veiligheidsmarge van 2 meter moet aangehouden worden als, indien flexibelere buizen zijn gebruikt, zoals PE en de boring in een zettingsgevoelig gebied ligt of dat er ophogingen in de directe nabijheid zijn uitgevoerd.

Uiteraard moet bij twijfel over de ligging van de boring altijd beide uiteinden van de persing opgezocht en ingemeten worden.

5.3 Gestuurde avegaar

Een pilotstang wordt eerst met een grote nauwkeurigheid in de grond gedrukt, onder het te kruisen object. De boornauwkeurigheid wordt verkregen door pilotbuizen met een optische doorgang, een stuurkop, een theodoliet met ingebouwde camera en een



Figuur 22 kop gestuurde avegaar

monitor. Aan de pilotstang wordt vervolgens de avegaar en de te persen buis gekoppeld. De avegaar en de te persen buis volgen de ingebrachte pilotstang, waardoor afwijkingen van het boortracé minimaal zijn. Voor kleine diameters Ø110 mm is het mogelijk om de leiding direct aan de pilotstang te koppelen en onder het te kruisen object door te trekken. Aandachtspunt bij de toepassing van deze methode voor kleine diameters is het risico op zettingen, doordat er geen grondverwijdering plaatsvindt. Dit treedt voornamelijk op bij ondiepe ligging.

5.3.1 Gestuurde avegaar met kleppenkast

In principe vinden Open Front Technieken alleen boven het grondwatervniveau plaats. Door het toepassen van een avegaar met kleppenkast is het mogelijk om tot maximaal 2 meter onder het grondwatervniveau te boren. De kleppenkast is een verbinding tussen het boorfront en de perskuip, die voor een beperkte afdichting zorgt.

5.3.2 Boor- en liggingsnauwkeurigheid

De boornauwkeurigheid van een gestuurde avegaar persing is zeer groot. Omdat het meetsysteem alleen maar functioneert bij zeer geringe afwijkingen zijn grote afwijkingen niet mogelijk.

5.4 Ontgraving voorin de buis

Zoals aangegeven bij boren met een avegaar, ontstaat bij grotere diameters, ($\varnothing 800$ tot $\varnothing 1200$ mm), het risico op een instabiel graaffront. In dat geval kan gekozen worden voor handmatige of machinale ontgraving voor in de buis. Het graaffront wordt bij het ontgraven voorin de buis door toepassing van bresschotten in meerdere lagen verdeeld en gestabiliseerd.



Figuur 23 mechanische ontgraving voor in de buis

5.4.1 Boor- en liggingsnauwkeurigheid

De boornauwkeurigheid van het ontgraven voor in de kop is zeer nauwkeurig. Tijdens het boren wordt periodiek de positie van de boorkop gemeten. Ontstaat er een afwijking, dan wordt met de vijzels de kop van de boring bijgestuurd.

De liggingsnauwkeurigheid heeft een beperkte afwijking, vanwege de grote diameter en de stijfheid van de toegepaste boor buizen. Net als bij de avegaar boring zijn de beschikbare gegevens (GPS meting), de grondslag (weg, spoorbaan of slappe bodem) van invloed op de correcte ligging.

Bij twijfel wordt geadviseerd om altijd de beide uiteinden van de persing op te zoeken en in te meten.

Bij de grotere diameters boringen met de open front techniek blijven in veel gevallen hulpwerken (kuipen en onderwaterbetonvloeren) achter in de grond. Deze zijn niet altijd op de revisietekening of de graafmelding weergegeven. Bij toekomstige werkzaamheden in de directe nabijheid van deze boringen moet rekening gehouden worden met de aanwezigheid van de hulpwerken.

6 Raketboring

6.1 Inleiding

Raketboringen (raketten) worden vanaf de jaren zestig toegepast. Met een niet bestuurbare pneumatische raket, wordt een buis onder het te kruisen object doorgedrukt. De buis kan op twee wijzen aan de raket bevestigd zijn, voor de raket ('impact ramming') of achter de raket ('impact molling'). Bij het gebruik van een raketboring bestaat het risico op zettingen.

6.2 Boorproces

Een raketboring is een de pneumatische boortechniek, waarbij de leiding door een horizontaal "heiblok" (een bodempersraket) onder het te kruisen object wordt "geslagen". De raket bestaat uit een stalen cilinder in de vorm van een torpedo waarin een pneumatisch beweegbare zuiger past. De zuiger slaat met kracht tegen een aambeeld voorin de cilinder. Door de stootkracht van de zuiger tegen de cilinder schiet de raket een stukje naar voren. De zuiger wordt vervolgens weer naar achteren bewogen, waarna het proces zich herhaalt. Tijdens de achterwaartse beweging van de zuiger blijft de raket op zijn plaats door de wrijving tussen de grond en de cilinder.

6.2.1 Impact Ramming

Impact Ramming is de raket methode, waarbij de raket achter de productleiding wordt bevestigd, zodat de raket de leiding voor zich uit de grond in slaat. De leiding kan aan de voorzijde open of gesloten zijn. Wanneer de leiding aan de voorzijde open is wordt na het doorvoeren van de leiding de grond uit de leiding verwijderd. Als de leiding aan de voorzijde gesloten is wordt de leiding grondverdringend doorgevoerd. De productleiding kan in één lengte of in delen aangebracht worden. Is het laatste het geval, dan worden de stalen pijpdelen tijdens het "raketten" aan elkaar gelast. De boortechniek is niet bestuurbaar en kan alleen recht uitgevoerd worden. De techniek is gevoelig voor obstakels in de ondergrond. Als obstakels in de ondergrond worden verwacht dan kan deze methode niet zonder extra maatregelen worden toegepast. Er kan dan een klein gat worden voorgeboord met een Impact Molling systeem, maar doorgaans is het beter om een nieuw tracé te kiezen.

6.2.2 Impact Molling

De Impact Molling is een grondverdringende methode, waarbij de raket aan de voorzijde van de productleiding wordt bevestigd. Bestaat de productleiding uit een trekvast materiaal, dan kan de raket aan de voorkant van die leiding worden bevestigd. De leiding wordt direct achter de raket aangetrokken. Bestaat de productleiding uit niet trekvast materiaal, dan wordt een kabel vanaf de raket door

de productleiding getrokken en aan de achterkant van de leiding vastgemaakt. De leiding wordt dan als het ware achter de raket aangeduwd. Impact Moling is zeer beperkt bestuurbaar en in vergelijking met Impact ramming gevoeliger voor afwijkingen (uitgaande van gelijke diameters).

Doordat Impact moling eenvoudiger door obstakels heendringt, wordt deze methode gebruikt om voor te boren. Een persluchthamer is dan het meest geschikt om voor te boren.

6.3 Schema Openfront en raketboringen

Met behulp van het onderstaande schema kan men een indicatie van de boornauwkeurigheid krijgen.

BOORNAUWKEURIGHEID OPENFRONT BORINGEN (OFT)																
item	1950	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	extra versterkende factoren
leiding / mantelbuis																Opdrijven strekken
	AC															
	Staal															
	Glasvezel															
	Beton															
	Polymeerbeton															
	PVC															+ (xyz-as) + (xyz-as) alleen kleine diameters Ø200
type openfront	Type openfront															Verschillende dichtheid grondlagen
	Handmatige/mechanische ontgraving voor in de buis															
	Avegaar															
	gestuurde avegaar															
	Raketten															
invloed van grondsamenstelling	type grond															
	veen															
	klei															
	zand															
	grind															
revisie verwerking	gebruik gemaakt van zelf gekozen vaste punten															
	as-built handmatig															
	gebruik gemaakt van vaste punten die zijn vastgelegd aan het RD-net															
	digitaal verwerken															

7 Gesloten Front Techniek

7.1 Inleiding

Begin jarenachtig doet de Gesloten Front Techniek zijn intrede in de boorwereld. Dit is een boortechniek die in tegenstelling tot de open front techniek, wel geschikt is om onder de grondspiegel toe te passen. Hulpconstructies bepalen tot welke diepte deze techniek toegepast kan worden. Denk daarbij aan lengte en gewicht van de damwanden, maar ook aan het opdrijven van de pers- en ontvangstput. De diepte heeft geen invloed op de nauwkeurigheid van de techniek, maar is natuurlijk wel moeilijker achteraf te onderzoeken.

	Aantal geboorde meters GFT	Indicatie aantal GFT per Jaar
1985-1990	1833 mtr	12
1990-1995	13734 mtr	92
1995-2000	37338 mtr	249
2000-2005	48563 mtr	324
2005-2010	77722 mtr	518
2010-2011	29217 mtr	195
2010-2015	73042 mtr	487

Tabel 7: Overzicht aantallen GFT boringen in de tijd



Het belangrijkste kenmerk van de gesloten front techniek is de afgesloten mengkamer voorin de tunnelboormachine (TBM). Een waterdicht schot zorgt voor een scheiding tussen de mengkamer en het andere deel van de TBM en de doorgeperste buizen. In de doorgeperste buizen liggen alle kabels en leidingen voor aandrijving en de besturing van de verschillende onderdelen in de boorkop. Aan de voorzijde van de kamer bevindt zich een snijwiel, dat hydraulisch wordt aangedreven, voor het lossnijden van de grond.

Figuur 24 geslotenfront boorkop

7.2 Boorproces

De gesloten front techniek maakt net als de open front techniek gebruik van een pers- en ontvangstput. De TBM wordt door hydraulische vijzels de grond ingedrukt, waarbij tijdens het drukken het snijwiel de grond wegfreest. De weggefreeste grond wordt als een verpompbare slurry of dikke paste vanuit de mengkamer via leidingen afgevoerd naar de persput. Langs de buitenomtrek van de leiding kan vloeistof (bijvoorbeeld bentoniet) geïnjecteerd worden om de wrijvingsweerstand langs de

leiding te verminderen. De injectie vloeistof vult de ringruimte op, die ontstaan is door de oversnijding. Oversnijding is nodig om bij te sturen en ontstaat doordat de diameter van het snijwiel een aantal centimeters groter is dan de diameter van de buis.



Figuur 25 tussendruk station

De boorkop is bestuurbaar, doordat in het voorste compartiment van de boorkop vier stuurvijsels zijn geplaatst. Er staat een lazer in de persput opgesteld en in de boorkop bevindt zich de zogenaamde lasertarget. Afwijkingen ten opzichte van targetpunt zijn een maat voor het bijsturen in de dwars (y-vlak) en hoogte richting (z-vlak). De geboorde afstand (x-richting) wordt gemeten met behulp van een loopwielkje in de persput. Voor het uitvoeren van een boring in een gebogen lijn, dan wordt voor de plaatsbepaling in de y-richting gebruik gemaakt van een mechanische lazer in de boorkop. De positie in de z-richting wordt bepaald met behulp van een geavanceerde slangenwaterpas. Voor de lengterichting wordt het loopwielkje gebruikt.

Regelmatig worden tijdens het boorproces controle metingen uitgevoerd. Dit is noodzakelijk om afwijkingen in de mechanische gyro te bepalen en te verwerken in de boorlijn.

Bij lange doorpersingen bestaat het risico dat de maximaal toelaatbare drukkracht op het buismateriaal overschreden wordt. Met het plaatsen van één of meerdere tussenstations wordt dit voorkomen.

Aan de hand van de berekening van de te verwachten perskracht wordt de boring in een aantal segmenten verdeeld en het aantal tussenstations bepaald. Een tussenstation bestaat uit een aantal zware stalen ringen omgeven door een stalen buitenmantel. Tussen de stalen ringen worden vijsels geplaatst. De tussenstations

tussen deze segmenten zorgen ervoor dat de leiding zich als een soort rups voortbeweegt.

De voortgangprocedure is als volgt.

- Na het wegboren van het eerste segment wordt in de persput het eerste tussenstation geplaatst. Vervolgens wordt de boring voortgezet door het wegboren van de buizen van het tweede segment.
- Nadert de perskracht de toelaatbare drukkracht dan worden de hoofdvijzels in de persput vergrendeld en het eerste tussenstation zet de vijzels uit en drukt het eerste segment
- Na het bereiken van de maximale slag van de vijzels van het tussenstation, nemen de hoofdvijzels het over en drukken het tweede naar voren. Tegelijkertijd gaan de vijzels van het tussenstation weer in.
- Deze stappen worden zolang herhaald totdat volgens de berekening het tweede tussenstation geplaatst moet worden met daarachter de buizen van het derde segment.
- Nu wordt het een samenspel tussen de vijzels van de twee tussenstations en de hoofdvijzels.
- Dit proces herhaalt zich net zolang totdat de ontvangsput bereikt wordt.

7.3 Type boorschilden

Het boorschild van de gesloten front techniek kent twee verschillende typen:

- Vloeistofschild
- Gronddrukshild

7.3.1 Vloeistofschild

De losgewoelde grond wordt vermengd met bentoniet en/of water. Het mengsel van gronddeeltjes, bentoniet en water wordt in de mengkamer op een van te voren vastgestelde druk gehouden. Dit gebeurt door een gecontroleerde aanvoer van bentoniet/water mengsel en een afvoer van bentoniet/water met losgewoelde grond. Deze druk is gelijk aan de gronddruk, waardoor de kans op zakkingen van de bovengrond minimaliseert.

Een vloeistofschild wordt alleen toegepast in niet-cohesieve gronden, zoals grond dat naar verhouding veel zand en/of grind bevat.

7.3.2 Gronddrukshild

Bij het gebruik van een gronddrukshild (EPB-schild / Earth Pressure Balanced Shield) wordt de afgegraven grond, vermengd met water of een water bentoniet mengsel, voor de boorkop onder druk wordt gehouden. Dit gebeurt door het gecontroleerd afvoeren van de grond, waarbij de afvoersnelheid ongeveer gelijk is

aan de voortgang van de boormachine. Op deze wijze wordt een drukval voor de boorkop voorkomen en de kans op zakkingen geminimaliseerd.

7.4 Boor- en liggingsnauwkeurigheid

De boor nauwkeurigheid van de gesloten front techniek is zeer hoog. Tijdens het borenproces wordt met een laser target systeem, periodiek de positie van de boorkop gemeten. Bij het constateren van een afwijking, kan continue bijgestuurd worden. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de stuurvizels voor in de kop. Naast het laser target systeem, zijn er ook systemen in de markt die werken op basis van een gyroscopische meting. Met beide systemen is eenzelfde nauwkeurigheid te behalen.

Leidingen aangelegd met de gesloten front techniek hebben een hoge stijfheid. Door deze stijfheid te combineren met de diepte ligging en de diameter van de buizen kan gesteld worden dat afwijkingen door zettingen in het algemeen beperkt zijn.

Zijn de beschikbare meetgegevens niet in RD-coördinaten (GPS) beschikbaar, dan altijd in- en uittredepunt opnieuw opzoeken en inmeten.

Bij gesloten front techniek blijven net als bij de grotere boringen met de open front techniek in veel gevallen hulpwerken (kuipen en onderwaterbetonvloeren) achter in de grond. Deze zijn niet altijd op de revisietekening of de graafmelding weergegeven. Bij toekomstige werkzaamheden in de directe nabijheid van deze boringen moet rekening gehouden worden met de aanwezigheid van de hulpwerken.

7.5 Schema Geslotenfront Boringen

Met behulp van het onderstaande schema kan men een indicatie van de boornauwkeurigheid krijgen.

		BOORNAUWKEURIGHEID GESLOTENFRONT BORINGEN (OFT)																			
item		1950	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	extra versterkende factoren				
leiding / mantelbuis																	Opdrijven	strekken			
	AC																				
	Staal																				
	Glasvezel																				
	Beton																				
	Polymeerbeton																				
invoed van grondsamenstelling	type grond																				
	veen																				
	klei																				
	zand																				
	grind																				
revisie verwerking	gebruik gemaakt van zelf gekozen vaste punten																				
	as-built handmatig																				
	gebruik gemaakt van vaste punten die zijn vastgelegd aan het RD-net																				
	digitaal verwerken																				

8 Direct Pipe

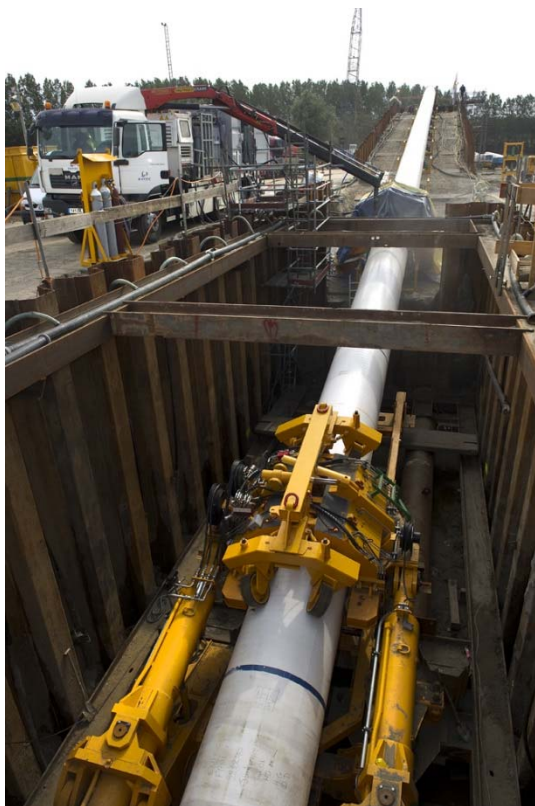
8.1 Inleiding

De Direct pipe boortechniek is een relatief nieuwe techniek, die rond 2010 voor het eerst is toegepast.

De techniek wordt toegepast voor leidingen met een diameter tussen de 700 mm en 1500 mm. Het is een combinatie van HDD-boring gesloten front techniek. De Direct Pipe bestaat uit een gesloten front boorkop en een pipe thruster / pipe pusher, die de leiding voortduwt.

8.2 Boorproces

Bij de Direct Pipe boormethode wordt een speciale tunnelboormachine (TBM) voorop de buis/leiding aangebracht. Deze TBM is vergelijkbaar met een gewone gesloten front machine maar heeft andere meetsystemen en bentoniet injectiepunten. De oversnijding van de Direct Pipe is groter dan bij een traditionele geslotenfront boring. De pipe thruster vervangt de vijzels van een gesloten front boring. De pipe thruster heeft een speciale buisklem, die de perskracht direct op de leiding overbrengt.



Figuur 26 Direct Pipe-techniek

HDD-boringen

Voordelen Direct Pipe-techniek ten opzichte van HDD-boringen

- Geschikt voor moeilijk doorboorbare grondlagen, zoals grind.
- Minder kans op coatingschade door principe boorproces.
- Geen risico op een instabiel boorgat.
- De kans op blow-out is nihil.
- De boormachine kan door vele obstakels heen boren zonder vastlopen van de boring en heeft minder risico op beschadigen van de uitwendige coating van de leiding.
- Overtollige boorspoeling is nihil, waardoor minder transportbewegingen nodig zijn.
- Omgeving heeft slechts overlast aan één zijde van de kruising.
- De boorstreng kan in delen worden klaargelegd, dus een lang uitlegtracé is niet nodig

Nadelen Direct Pipe-techniek ten opzichte van

- Boorstreng moet achter de boor liggen (meer ruimte nodig bij startschacht/punt)
- Hogere aanlegkosten

Voordelen ten opzichte van een traditionele geslotenfrontboring

- Mediumvoerende leiding kan direct geboord worden
- Geen diepe damwandkuipen noodzakelijk bij boringen op grote diepte
- Grote diepten kunnen eenvoudig worden bereikt
- Een ontvangstuip is veelal niet nodig.

Nadelen Direct Pipe-techniek ten opzichte van traditionele geslotenfrontboring

- Boorstreng moet achter de boor liggen (veel ruimte nodig bij startschacht)

8.3 Boor- en liggingsnauwkeurigheid

De ligging van de boring wordt tijdens het boren m.b.v. een gyroscoop meetsysteem i.c.m. waterlevel systeem gemeten. Dit is uiterst nauwkeurig en wordt via de datalogging van de boormachine vastgelegd. De boornauwkeurigheid van directpipe is hetzelfde als gewone geslotenfrontboringen. Opsporen kan bij slechte registratie wel lastiger zijn vanwege meetstal grotere aanlegdieptes.



Figuur 27 Direct Pipe-techniek

9 Liggingsnauwkeurigheid: revisie en nameten

9.1 Inleiding

De liggingsnauwkeurigheid van een boring ten opzichte van de lijn op tekening, is niet alleen afhankelijk van de uitvoering van de boring (boornauwkeurigheid). In de verschillende hoofdstukken over de boortechniek bleken ook, de stijfheid van materiaal (staal of HDPE) en de grondsoort (zand / veen / klei) van invloed zijn. Een ander aspect dat invloed heeft op de nauwkeurigheid van de ligging ten opzichte van de tekening is het verwerken van revisie gegevens, zowel door de booraannemer als door de netbeheerder. Dit hoofdstuk geeft aan hoe revisieverwerking invloed heeft op de liggingsnauwkeurigheid. Vervolgens wordt aandacht besteed aan methoden om boringen alsnog te meten en zo de liggingsnauwkeurigheid te vergroten.

9.2 Revisieverwerking

De (digitale) tekeningen die momenteel worden gebruikt om de locatie van de boringen te bepalen hebben veel gevallen twee digitaliseringsprocessen doorlopen.

1. Het verwerken van de (analoge) informatie van de booraannemer naar de projecttekening van het kabel- of leidingproject en/of naar de tekening van de netbeheerder.
2. Digitaliseren van de (analoge)tekeningen van de netbeheerder ten behoeve van GIS of WION.

Bij de uitvoer van beide processen bestaat er een reële kans op het veranderen en verliezen van de oorspronkelijke data. In de volgende paragrafen worden de aspecten die daar invloed op hebben behandeld.

9.2.1 Het verwerken van de (analoge) informatie van de booraannemer

De verwerking van de informatie van de booraannemer tot de tekening van de netbeheerder kent een aantal stappen. In al deze stappen bestaat het risico dat de oorspronkelijke liggingsinformatie verminderd.

Bij HDD-boringen heeft het meten van de aanleg en het verwerken van revisiegegevens voor onnauwkeurigheden gezorgd. In het verleden werd voor een gestuurde boring doorgaans alleen het diepte profiel van de boorder verlangd. Het gevolg hiervan is, dat er op de tekeningen een rechte lijn staat. In werkelijkheid is een gestuurde boring in het horizontale vlak bekeken, zelden een rechte lijn. De oorzaak daarvan is de stuurmethode van de techniek. Er kan dus gesteld worden dat: Als er op een tekening een HDD-boring als rechte lijn weergegeven, er vanuit kan worden gegaan dat oorspronkelijke data van aanleg in meer of mindere mate is verloren gegaan. Dit is voornamelijk het geval bij de kleinere diameters van een boring. Bij grotere diameters (vanaf 400 mm) is een rechte lijn wel mogelijk, omdat de stijfheid van de boorstangen en leidingmateriaal afwijkingen tegenwerkt.

In de periode 1995 – 2000 werd met een walkover systeem de locatie van een boring bepaald. De bevindingen werden op een notitieblok bijgehouden. Het begin en eindpunt van de boring werd ingemeten, maar veelal gebeurde het inmeten niet tijdens het boren. Deze (analoge) data werd vervolgens door de booraannemer of een apart tekenbureau verwerkt tot de revisie van de boring. De ervaring heeft geleerd, dat er in dit proces de volgende punten voor onnauwkeurigheden kon zorgen:

1. Verkeerd of onleesbaar opschrijven van de gegevens op het notitieblok. Vervolgens werden die door de tekenaar zijn overgenomen.
2. Verloren gaan van de gegevens, bijvoorbeeld door slecht weer (regen). Hierdoor zijn alleen begin- en eindpunt van de boring bekend.
3. Door electromagnetsche beïnvloeding op het walkover systeem (bijvoorbeeld door hoogspanningslijnen), is er (over een deel) geen correcte data beschikbaar. De ontbrekende data is naderhand door de booraannemer op basis van de 'fictieve boorlijn' aangevuld.
4. Tijdens het boren zijn er grotere afwijkingen geweest dan bestek technisch was toegestaan welke niet zijn doorgegeven.

Maakt de boring een onderdeel van een groter project uit, dan vindt er veelal nog een verwerkingsslag plaats door een projectaannemer of beheerder. Ook daardoor kan de datakwaliteit verminderen. Een projectaannemer verwerkt de boordata gelijktijdig met andere projectonderdelen (bijvoorbeeld de aanleg van een kabel- of leidingtracé). In bestekken werd aan het gehele kabel- of leidingtracé vaak minder eisen gesteld ten aanzien van nauwkeurigheid dan voor een boring. Door de gelijktijdige verwerking is hierdoor vaak specifieke boorinformatie verloren gegaan.

Vervolgens zal een netbeheerder, de boortekening in hun beheertekeningen opnemen. Bij deze integratie gaat wederom ligginsinformatie verloren.

9.2.2 Digitaliseren van de (analoge)tekeningen van de netbeheerder

In de periode 2005 – 2012 hebben veel netbeheerders kabel- en leidingbeheerstekeningen gedigitaliseerd. Er zijn twee methoden om kabel- en leidingtekeningen te digitaliseren:

- Vectoriseren: een analoge tekening wordt achter een digitale ondergrond (BBK) geplaatst en vervolgens wordt de analoge lijn (kabel of leiding) digitaal overgetrokken.
- Converteren: op basis van de maatvoering, van de analoge tekening, wordt de digitale tekening getekend.

Het vectoriseren van heeft voor de meeste onnauwkeurigheid gezorgd. De ondergrond van de beheerstekening kon al tientallen jaren oud zijn, wat het positioneren op de huidige ondergrond complex en tijdrovend maakte. In veel gevallen zijn verkeerde referentiepunten gebruikt voor het koppelen van de tekening. Hierdoor zijn maatfouten ontstaan, die voor het gehele kabel- en leidingtracé gevolgen heeft gehad. Voorbeelden van verkeerde referentiepunten zijn:

- Dakgoot van een huis in plaats van de muur.
- Rand van een huis waaraan een verbouwing (bijvoorbeeld een serre) heeft plaatsgevonden. Hierdoor is de oorspronkelijke muur verplaatst.
- Kant van de weg, terwijl in tussentijd een verbreding/verplaatsing heeft plaatst gevonden.
- Sloten die verplaatst of verbreed zijn.

Het digitaliseren van beheerstekeningen is vaak als bulkwerk uitgevoerd. Bedrijven die dit werk uitgevoerd hebben, bleken geen of weinig verstand te hebben van kabels en leidingen en landmeetkunde (en zeker niet van sleufloze technieken). Er is weinig tijd genomen om de ondergronden goed met elkaar te matchen, wat geleid heeft tot het fout interpreteren van aanleggegevens (revisiegegevens). Ook de schaal van de tekeningen heeft zijn invloed. Een lijn op een tekening met een hoge schaal kan al snel enkele decimeters tot een meter breed worden op ware grootte. Dit zijn oorzaken waardoor de huidige liggingsgegevens van netwerken (en daarmee ook de boringen) minder accuraat zijn. Ook zijn er details van beheerstekeningen, zoals dwarsprofielen van boringen niet meegenomen en daardoor geheel verloren gegaan. Bij conversies voor de Wet WION is dit laatste vaak het geval geweest, omdat in het IMKL-model voor de uitwisseling van gegevens geen detailinformatie wordt meegeleverd.

9.2.3 Aanleg telecommunicatienetwerken

In de periode van 1998-2002 zijn op grote snelheid telecommunicatienetwerken aangelegd. Daarbij gold, in de hele keten, veelal dat de prijs en snelheid belangrijker waren dan een goede registratie. Het risico op fouten in de registratie van deze netwerken is daardoor groot. Met name voor de vele HDD-boringen die gemaakt zijn voor deze netwerken zijn de consequenties groot. Het opsporen van een HDD-boring is namelijk significant hoger dan het opsporen van de overige netwerkonderdelen

9.2.4 Wijziging van de bovengrond

Dwarsprofielen van boringen zijn in het verleden niet altijd op basis van NAP hoogtematen uitgewerkt. Er werd bijvoorbeeld gebruik gemaakt van het maaiveld. In de loop der tijd kunnen daar wijzigingen in plaatsvinden, zoals ophogen, aanleggen van een weg etc. Dit heeft direct gevolgen voor de (vermeende) diepteligging van de boring.

9.3 Nameten van een hdd-boring en diepe GFT boring

Zijn de liggingsgegevens onnauwkeurig of is er onzekerheid over de nauwkeurigheid dan kunnen boringen nagemeten worden. De volgende twee technologieën zijn daar voor te gebruiken:

1. Hydrostatische meetsystemen.
2. Inertiële meetsystemen.

9.3.1 Hydrostatische meetsystemen

Hydrostatische meetsystemen werken op basis van drukverschillen. Een druksonde aan de kop van een met water gevulde slang, wordt op regelmatige afstanden (meestal elke 5 meter) in de buis stilgelegd en afgelezen.

Met een hydrostatisch meetsysteem kan, weliswaar met grote nauwkeurigheid, alleen de diepte (z) gemeten worden. De systemen hebben een kleine omvang en een meetbereik tot enkele honderden meters (gemeten in de lengterichting van de leiding).

9.3.2 Inertiële meetsystemen

Inertiële meetsystemen werken op basis van gyroscopen en accelerometers. Deze (meestal) autonome systemen registreren de driedimensionale curve (x,y,z) van een buis. Ze werken met een hoge meetfrequentie en een hoge nauwkeurigheid. De minimale buisdiameter die gemeten kan worden is 40 mm (binnenzijde van de buis). In tegenstelling tot de hydrostatische meetsystemen hebben de inertiële geen afstandsbeperking.

9.4 Nameten ondiepe boringen

Ondiepe HDD, GFT en OFT-boringen (circa 2 tot 6 meter diepte), kunnen op vier manieren gelokaliseerd en nagemeten worden:

- Graven van proefsleuven
- Aanprikken met een prikstok
- Grondradaronderzoek
- Signaalonderzoek met kabelzoeker

9.4.1 Graven van proefsleuven

Om de locatie van een boring nauwkeurig te kunnen bepalen moeten er over het gehele tracé voldoende proefsleuven gegraven worden. In de praktijk blijkt dat de koppen van een boring doorgaans eenvoudig met proefsleuven te lokaliseren zijn, maar dat het tracé daartussen lastiger is. Dit komt doordat deze techniek tot circa twee meter diepte kan worden toegepast (boringen hebben vaak een grotere diepteligging) en door obstakels als wegen en gebouwen die graven onmogelijk maken. Nadelen van deze methode zijn de overlast voor de omgeving en het risico op kabel en leidingschade. Verder kunnen een hoge grondwaterstand en vervuilde grond het opsporen complex en kostbaar maken.

9.4.2 Aanprikken met prikstok

De diepte waarop een boring opgespoord kan worden door het aanprikken met een prikstok is circa 6 meter. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat deze diepte sterk afhankelijk is van de grondslag. De prikstok geeft minder overlast voor de omgeving, dan het graven van proefsleuven. Ook geven hoge grondwaterstand of vervuilde grond geen beperking.

Een risico van het aanprikken met een prikstok is een verkeerde meting, door de aanwezigheid van ondergrondse objecten (boomwortels, puin). Deskundigheid bij uitvoering is dus een vereiste.

Diepte ligging van de boring en objecten (wegen, gebouwen) kunnen het opsporen met behulp van een prikstok beperken. Maar ook door deze techniek geldt dat bij voldoende meetpunten de locatie van de boring nauwkeurig bepaald kan worden.

9.4.3 Grondradar onderzoek

De diepte waarop boringen nauwkeurig gelokaliseerd kunnen worden met een grondradar is circa 2 meter. Deze diepte is wel afhankelijk van de grondslag en van de grote (diameter) van de boring. Voordelen van grondradar zijn: géén overlast voor de omgeving en geen beperking van objecten, zoals wegen of spoorwegen, doordat daar doorheen gekeken kan worden.

Een nauwkeurige meting wordt behaald als deze uitgevoerd (meten en beoordelen) wordt door deskundig personeel. Zo kunnen valse metingen door objecten in de bodem gefilterd worden tijdens het meten (instellingen apparatuur), maar ook tijdens het beoordelen / uitwerken van de resultaten.



Figuur 28 opsporen middels grondradar

9.4.4 Signaalonderzoek met kabelzoeker

Kan op een geboorde leiding (of op een kabel of leiding in de boring), signaal gezet worden dan is het mogelijk deze met een 'kabelzoeker' op te sporen en nauwkeurig in kaart te brengen. Ook hier geldt dat deskundigheid vereist is doordat signalen uit de omgeving, bijvoorbeeld hoogspanningskabels, tot onjuiste metingen kunnen leiden.

Voor meer achtergrond informatie over non-destructieve opsporingsmethodes kan men het rapport 'Kabels en leidingen detecteren zonder graven' van het COB (Centrum voor Ondergronds Bouwen) raadplegen. Deze is te downloaden uit de kennisbank van COB op www.cob.nl.

9.5 Het meetmoment

Historisch gezien werden revisietekeningen voor boringen gemaakt aan de hand van de notities en gegevens van de boormeester. Vaak werden deze in een lokaal stelsel twee-dimensionaal opgesteld, bijvoorbeeld met de punt van de boormachine als coördinaat (0,0,0). Met de introductie van autonome gyroscopische meetsystemen werd het mogelijk om middels nameting door de boorstang of de uiteindelijke productbuis de ligging te bepalen en deze aan bijvoorbeeld de rijksdriehoekscoördinaten te refereren.

Hoewel dit een goede zaak is voor het beheerder van de infrastructuur voor wat betreft de absolute drie-dimensionale ligging, zijn er ook een aantal nieuwe aandachtspunten bijgekomen. Immers, gyroscopen meten nauwkeurig, waardoor de data perfect gebruikt kan worden om nauwkeurig een buigstraal te berekenen. Dit wordt steeds vaker een vereiste is bij aanleg van gas, chemie en andere drukleidingen.

Het meetmoment speelt in toenemende mate een rol in projecten. Zijn daar vooraf geen goede afspraken over gemaakt, dan kan dit veel discussie en onduidelijkheid opleveren. Het volgende voorbeeld illustreert dat:

“Het is al meer dan eens waargenomen dat bij een project zowel de boorstang als de uiteindelijke productleiding nagemeten moeten worden. De boorstang omdat de boorder en/of opdrachtgever voor het intrekken van de buis na wil gaan dat het profiel in orde is. De productbuis omdat de opdrachtgever enkel die data in haar GIS platform wenst te verwerken.

Wat als de twee niet overeenkomen qua buigstraal?

Dit kan bijvoorbeeld doordat de ruimer op punten in het tracé door haar gewicht enkele centimeters in de grond zakt met als gevolg dat op dat punt de buigstraal niet voldoet aan de specificaties.

Er ontstaat een zeer complexe aansprakelijkheidsvraag, vooral omdat opdrachtgever en boorder vooraf geen duidelijk afspraken hebben gemaakt over: hoe een buigstraalspecificatie geverifieerd gaat worden en wie er verantwoordelijk is voor bijvoorbeeld onbekende geologische toestand zoals in bovenstaand geval.”

Het is dus van toenemend belang om kennis te hebben over het meetmoment (of meetmomenten) en dat in de toekomst afspraken gemaakt worden over de data uit de metingen en analysemogelijkheden.

10 Wet- en regelgeving

10.1 Inleiding

Wet- en regelgeving is een ruim begrip, het omvat een heel pakket met eisen, normen, voorwaarden en procedures van de centrale- en decentrale overheden, maar ook van infrastructuurbeheerders auto-, spoor- en waterwegen en beheerders.

In de volgende paragrafen worden de meest relevante wet- en regelgeving op hoofdlijnen behandeld.

10.2 Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten

De behoefte aan een adequate kabel- en leidingregistratie werd reeds in de jaren zeventig gevoeld. Een door het ministerie van Financiën ingestelde werkgroep ging aan de slag met de registratie, en er kwam een wetsontwerp Leidingenregistratie (in feite een registratie van leidingbeheerders). Dit wetsontwerp werd in 1986 ingetrokken onder grote druk van de leidingbeheerders zelf. De vraag of en hoe de ligging geregistreerd moet worden, was daarmee aan hen zelf overgelaten. De registratie gebeurde in de vorm van het Kabels en Leidingen Informatie Centrum (KLIC), een stichting waarin nutsbedrijven, overheden, particuliere bedrijven met ondergrondse belangen en waterschappen deelnamen en waaraan zij eveneens financieel bijdroegen.

In 1967 werd het eerste KLIC opgericht. En in 1986 zijn regionale kabel- en leidingcentra alom geaccepteerd en wordt door de registratie en informatievoorziening veel schade voorkomen.

Bij voorgenomen graafwerkzaamheden of andere activiteiten in de grond kon 3 tot 20 werkdagen van tevoren kabel- en leidinginformatie over de graaflocatie worden opgevraagd. Wanneer er één of meerdere leidingen zich volgens de administratie van de leidingbeheerders in het graafgebied bevinden, worden er kaarten met de ligging van de leidingen aan de graver verstrekt. Het is niet ongebruikelijk dat de graver ter plaatse met een aantal kaarten van verschillende beheerders in zijn hand, moet proberen zijn werkzaamheden uit te voeren.

De KLIC's samen hadden geen landelijke dekking, omdat beheerders niet verplicht waren om deel te nemen. Op 1 juli 2008 werd de wet WION (Wet informatie-uitwisseling ondergrondse netten) van 7 februari 2008 van kracht en is de (vrijblijvende) zelfregulering, zoals die bestond in de vorm van het Kabels en Leidingen Informatie Centrum gestopt. Het KLIC is in 2008 dan ook opgegaan in het Kadaster.

1900	1960	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
		→ Werkgroep Min. Financiën										→ WION			
	→ Eerste KLIC (1968)				→ Intrekken wetsontwerp Leidingenregistratie (1986)										
					→ Landelijke KLIC dekking (1986)										

Figuur 29: Ontwikkeling van kabel en leiding registratie

In de wet WION staan regels over de informatie-uitwisseling betreffende ondergrondse netten. In de WION is in de artikelen rondom het proces van informatie-uitwisseling opgenomen dat in lagere regelgeving wordt uitgewerkt aan welke eisen de informatie over de liggingsgegevens moet voldoen.

Op 12 juni 2008 is het Besluit informatie-uitwisseling ondergrondse netten gepubliceerd hierin staat in artikel 5 lid2:

"De liggingsgegevens die deel uitmaken van de beheerdersinformatie, hebben betrekking op de horizontale ligging en zijn gebaseerd op de meest nauwkeurige metingen die voor de beheerder beschikbaar zijn, met dien verstande dat de metingen ten minste een nauwkeurigheid van een meter hebben."

Samenvattend kan men stellen dat de wettelijke nauwkeurigheid op het horizontale vlak te minste een nauwkeurigheid van 1 meter zou moeten hebben. Ten aanzien van de diepteligging (z-coördinaat) zijn er geen eisen aan de nauwkeurigheid gesteld. In een aantal rechtszaken naar aanleiding van kabel-/ leidingschades zijn wel uitspraken gedaan over de diepteligging. Deze uitspraken zijn echter te specifiek aan een zaak gebonden om hier een generieke waarde, voor de nauwkeurigheid van de diepteligging aan te koppelen.

In 2013 zal de WION geëvalueerd worden. Op basis van deze evaluatie is het mogelijk dat de eisen ten aanzien van de liggingsnauwkeurigheid wordt aangepast en dat de z-coördinaat wordt toegevoegd.

10.3 Normeringen

10.3.1 Geschiedenis van de normen in Nederland

De vondst van de aardgasbel in 1959 in Groningen (een van de grootste gasvelden ter wereld), zorgde rond 1964 voor de eerste aanleg van transportleidingen met grotere diameter in Nederland. De fabricage van stalen buizen en verbeterde lastechniek uit de jaren twintig maakte dit mogelijk. Gelijktijdig met de ontwikkeling van het gastnet werd het transnationale pijpleidingennet aangelegd. Dit verbindt vliegvelden in Europa met elkaar en is bestemd voor militaire doeleinden. Sinds 1945 zijn grote hoeveelheden olie in West-Europa ingevoerd. In 1960 werd de Rotterdam-Rijn-Pijpleiding in gebruik genomen voor de verbinding van de Rotterdamse haven met Duitsland en België. In de jaren zeventig is De Rotterdam Antwerpen Pijpleiding (RAPL) in gebruik genomen.

Bij de aanleg van stalen leidingen stuitte men, in het westen van Nederland bij het kruisen van dijken en waterwegen op problemen. Het slappe polderlandschap zorgde voor problemen, bij zowel het ontwerp als de aanleg van de leidingen (Spiekhout 1992: 234-238). Het leverde een confrontatie op tussen de waterstaatkundige autoriteiten en de pijpleidingontwerpers en -bouwers. De grondslag en een eenvoudigere waterstaatkundige infrastructuur zorgden in het Oosten van het land voor weinig tegenstand voor de aanleg van leidingen.

De kennis van pijpleidingontwerp en -constructie was nog weinig ontwikkeld, daardoor werd een beroep gedaan op Amerikaanse ingenieurbureaus en aannemers. Zij hadden ervaring met het aanleggen van lange afstandsleidingen in dunbevolkte, droge, woestijnachtige gebieden.

Bij de aanleg waren verschillende confrontaties waarneembaar (Kruisman 1991: 48-51):

- Agrarische geaardheid versus industriële ontwikkelingen;
- Lokale veiligheid versus nationale economische belangen;
- Nederlandse zorg voor waterstaatkundige veiligheid versus Amerikaanse projectwinst;
- Civiel versus werktuigbouwkunde; ook wel 'Klei' versus 'Staal'

Bij de aanleg van pijpleidingen werd, onder toezicht van het Ministerie van Economische zaken, te werk gegaan volgens de Amerikaanse richtlijn ASME/ ANSI B31-8 door het Amerikaanse Ingenieursbureau 'Bechtel'. Deze richtlijn was uiteraard gebaseerd op Amerikaanse omstandigheden.

Met 'de confrontatie van Amerikaanse standaarden en Nederlands polderlandschap in het achterhoofd' is in 1965 de Studiegroep Pijpleidingen voor Gassen en Vloeistoffen opgericht. Hierin zijn de provincies Zuid-Holland, Noord-Holland en Gelderland, alle Zuid-Hollandse waterschappen, Rijkswaterstaat en Openbare werken Amsterdam als vergunningverlenende instanties vertegenwoordigd. Het resultaat was 'de Pijpleidingcode', die in 1968 door de provincie Zuid-Holland is uitgegeven. De code bevat technische voorwaarden, die beheerders van waterkeringen en wegen bij

vergunning kunnen stellen, wanneer deze waterstaatswerken door pijpleidingen worden gekruist (De Kock 1989).

In 1967 is men begonnen met de ontwikkeling van de nationale norm NEN 1091, waarin de overheid, de industrie, de samenwerkende Regionale Organen Gasvoorziening (de voorloper van EnergieNed), Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG) en de Nederlandse Spoorwegen zitting hadden. De norm werd afgestemd op de Amerikaanse standaarden (ASME/ ANSI B31-8).

Verschillende overheden konden niet met de nationale norm uit de voeten. Dit resulteerde in een herziening van de pijpleidingcode uit 1968: de Pijpleidingcode '72. Deze pijpleidingcode werd vervolgens door leidingbouwers ervaren als een hindernis voor de constructeur waardoor, volgens de gebruikers, veel te zware en onhandzame constructies werden gebouwd (Kruijtbosch 1990).

Eind 1990 kwam de 6e hernieuwde versie uit van de Pijpleidingcode '72. Parallel aan de ontwikkeling van de Pijpleidingcode, werden Rotterdamse Richtlijnen voor pijpleidingen ontwikkeld en de zogenaamde 'TTT' regels (Kruisman 1991). Deze 'TTT'-regels zijn opgesteld door het Stoomwezen, in samenwerking met de industrie. De 'beoordelingsregels voor transportleidingen' hadden vooral betrekking op het ontwerp van pijpleidingen voor aardolie en chemische stoffen. Opvallend is dat de Gasunie hier geen gebruik van maakte, omdat in de desbetreffende buisleidingconcessie niet werd verwezen naar deze regels. Men gebruikte eigen interne bedrijfsstandaarden. Hoewel getracht was zo goed mogelijk aansluiting te zoeken bij de Pijpleidingcode, bleken verschillen te bestaan: zo waren de 'TTT' regels minder streng dan de Pijpleidingcode '72 (De Kock 1994).

In 1990 was het Europese normalisatie instituut (CEN) voornemens onder mandaat van de Europese commissie een (dwingende) Euronorm voor gastransportleidingen uit te geven; dit was de reden voor BV Nederland om zich in CEN en ISO circuit te profileren. De dreiging voor Nederland was, opgezaald te worden met een buitenlandse norm. In één jaar moest de NEN norm worden geschreven en alle bestaande regelgeving worden geharmoniseerd. Bij overleg over Europese voorschriften was er alles aan gelegen de Nederlandse voorsprong te behouden. Met de ontwerpnorm NEN 3650 is gepoogd de andere codes te 'omvatten':

- De Pijpleidingcode '72; gericht op veiligheid van waterstaatkundige werken;
- De 'TTT' regels; gericht op de veiligheid van pijpleidinggebruik;
- De Rotterdamse regels (1982); de eisen voor leidingen in de gemeente Rotterdam
- Het 'witte boekje'; eisen die de Nederlandse Spoorwegen (NS) stelt aan kruisingen van leidingen met spoor of gelegen nabij railinfrastructuur. Deze regels zijn afgeleid van de Spoorwegwet.

De oude norm (NEN1091) is sinds 1992 grotendeels vervangen door de NEN 3650. In de NEN 3650 wordt ingegaan op vervoer van gas en chemicaliën met een druk groter dan 16 bar. Dit heeft tot gevolg dat voor distributieleidingen voor het medium aardgas nog steeds gebruik gemaakt wordt van de norm NEN 1091. De ontwikkeling van de NEN 3650 heeft een belangrijke basis gelegd voor het opereren van Nederlandse ingenieursbureaus in het buitenland, doordat de grondinvloed ook in

Engelse, Zweedse en Duitse normen werd onderkend. Ook werden verschillende aangrenzende normen en richtlijnen ontwikkeld:

10.3.2 NEN 1091

Was de ontwikkeling van de Pijpleidingcode vooral ingegeven door externe veiligheid van civieltechnische werken. In 1968 werd een normcommissie ingesteld, waarin de gasindustrie, de gemeenten (VNG) en NS zitting hadden. Zij hadden de aandacht vooral gericht op de interne en externe veiligheid van lagedruk ondergrondse pijpleidingssystemen in lijn met bestaande Britse (IP6) en Amerikaanse (ANSI) voorschriften. In die tijd kwam in de voorschriften het woord 'grond' als onderdeel van een pijpleidingconstructie in het geheel nog niet voor. In de huidige versies van de voorschriften wordt de invloed van de grond op het gedrag van ondergrondse pijpleidingen wel genoemd, zij het mondjesmaat. Deze normcommissie heeft de NEN 1091 'Veiligheidseisen voor stalen gastransportleidingen met een ontwerpdruk hoger dan 1 bar en lager dan of gelijk aan 16 bar' voortgebracht, die in 1973 van kracht werd. (Ongeveer gelijktijdig werd de norm NEN 1059 uitgebracht, specifiek gericht op stations). In 1994 is de NEN 1091 nog aangepast, maar op 16 juni 2004 ingetrokken na het verschijnen van de NEN 3650.

	1900	1960	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
NEN3650/51	→ API normen		→ Pijpleidingencode Zuid-Holland 1968				→ NEN3650 1992			→ NEN3650/51 2003					→ NEN3650/51 2012	
			→ Pijpleidingencode Zuid-Holland 1972													
						→ Rotterdamse Richtlijnen voor pijpleidingen										
							→ NEN3651-1993									
								→ NEN3652-1998								
NEN7171		→ NEN 1738/1739 1964											→ NEN7171 2009			
NEN7244				→ NEN 1091 1974			→ NEN 1091 ingetrokken		→ NEN 7244 2003							

10.3.3 Europese regels voor pijpleidingen

Zoals aangegeven werd omstreeks 1990 duidelijk dat de Europese Gemeenschap het voornemen had om te komen tot Europese regels voor pijpleidingen. Lidstaten werden uitgenodigd om nationale basisdocumenten in te dienen die als uitgangspunt zouden kunnen dienen. Nu had Nederland zich in de voorafgaande jaren wel intensief met het onderwerp bezig gehouden, maar tot een nationaal voorschrift met daarin al die Nederlandse verworvenheden, was het nog maar steeds niet gekomen. Met grote spoed en voortvarendheid is toen gewerkt aan de totstandkoming van de NEN 3650, en die was dan ook binnen twee jaar gereed en kon dus gaan dienen als nationale norm en als Nederlandse inbreng in Brussel. Daaruit is de prEN 1594 norm voor gasleidingen voortgekomen. Deze norm is aanzienlijk minder gedetailleerd dan de NEN 3650, toch geeft deze in belangrijke mate de principes weer, zoals die in de Nederlandse norm opgenomen zijn.

Het aardige van de Europese ontwikkeling was, dat het gemis aan gedetailleerdheid in de prEN 1594 leidde tot vraag in het buitenland naar de inhoud van de NEN 3650, waar het de langswerking van pijpleidingen betreft. Dus vooral voor pijpleidingproblematieken gerelateerd aan grondzetting, mijnzakking of

temperatuurexpansie. Er zijn toepassingen bekend in Groot Brittannië, België, Duitsland, Denemarken, Abu Dhabi en Israël. Het is dan ook voor de 'kennisexport' van belang, dat de herziene NEN 3650 serie (uit 2012) weer in de Engelse taal beschikbaar komt.

10.3.4 NEN 3650

In juni 2012 is de nieuwe NEN 3650 gepubliceerd deze vervangt de versie van 2003. De NEN 3650 stelt een aantal eisen aan de aanleg van sleufloze technieken. Deze staan vermeld in Bijlage G 'Aanleg – Sleufloze technieken' van de norm. De belangrijkste onderdelen, die van toepassing zijn op de aanleg of liggingsnauwkeurigheid zijn in de volgende paragrafen aangegeven.

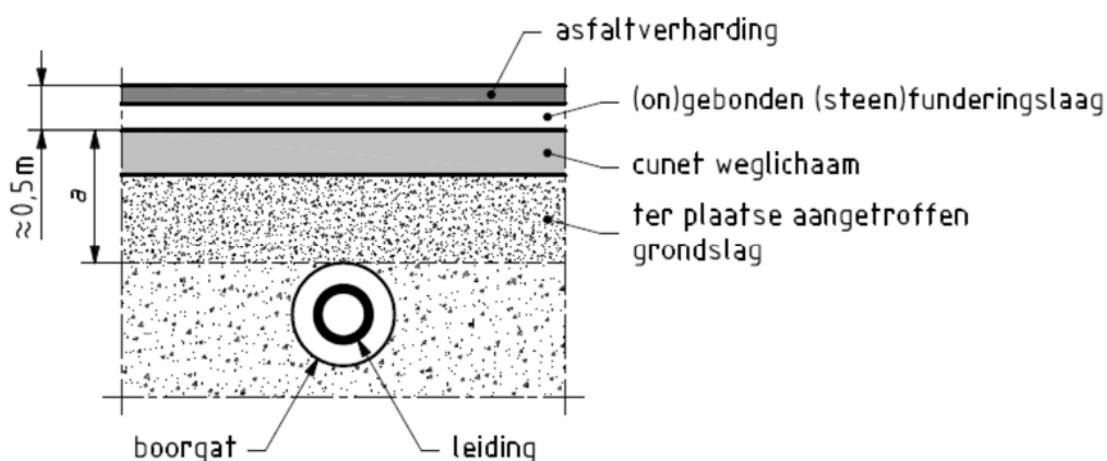
10.3.4.1 Eisen aan boringen met HDD techniek (G.4)

Art. G.4.2 Diepteligging HDD (wegen)

Onder stroomwegen moet op elk punt van het boortracé de afstand a tussen de bovenzijde van het boorgat en het laagste punt van de onderzijde van de ongebonden of gebonden (steen)funderingslaag van de verharding voldoen aan:

in cohesieve grond: $a \geq 1,5 \text{ m}$;

in niet-cohesieve grond: $a \geq 6 \times D_0$, met een minimum van 1,5 m.



Figuur 30: figuur G.4 - Diepteligging HDD onder wegen

OPMERKING Voor gebiedsontsluitingswegen en erfontsluitingswegen is de eis van 6x de middellijn doorgaans niet nodig. Hier kan in overleg met de beheerder een aangepaste dekking worden aangehouden. Vaak wordt een gemeentelijke weg meegenomen in een boring onder een ander

belangrijker object door. Voor de nevenobjecten kan in overleg met de beheerder een diepteligging worden vastgesteld.

Relevante Maatvoering

HDD-boringen liggen in principe dieper dan 1,5 meter.

Art. G.4.3 Afstandseisen

De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt

aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.

Relevante Maatvoering

Als de locatie van de naast liggende boring bekend is en de boring is uitgevoerd op basis van de NEN 3650 is er een vrije zone van 5 meter.

Art. G.4.10 Plaatsbepaling en bestuurbaarheid

Om het ontworpen leidingverloop te kunnen toetsen aan het gerealiseerde verloop tijdens de pilot'boring en tijdig te kunnen bijsturen is het nodig de positie van de boorkop (in 3D) voortdurend te kennen. Hiertoe moet gebruik worden gemaakt van een adequaat plaatsbepalings- en registratiesysteem. Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid, diepte, lengte en afmetingen van de boring, grondgesteldheid en aanwezige (storende) factoren in het boortracé moet voor het plaatsbepalingssysteem een passende keuze worden gemaakt. Het gekozen systeem en de daarmee te bereiken nauwkeurigheid moeten vooraf worden vastgelegd en gedocumenteerd. De nauwkeurigheid moet bovendien door periodieke kalibratie worden aangetoond.

Dit alles in relatie tot de te verwachten bestuurbaarheid van de 'pilot'boring in de te doorboren grond.

Tijdens de boring moet de positie van de boorkop (continu) worden afgelezen en geregistreerd. Ten

behoefte van de controle moet in een grafiek de gemeten positie ten opzichte van het geplande tracé in zowel horizontale als verticale richting worden uitgezet. Bij afwijkingen groter dan de toegelaten tolerantie moet onmiddellijk nadat dit is geconstateerd contact worden opgenomen met de beheerder van het te kruisen object en eventuele andere belanghebbenden.

Art. G.4.12 Afwijkingen

a) In overleg met de belanghebbenden moeten voor aanvang van de werkzaamheden de afwijkingstoleranties worden vastgesteld. Afwijkingen groter dan genoemd onder punt b) zijn slechts toegelaten na zorgvuldige analyse van de mogelijkheden. Bij het vaststellen van de maximaal toegelaten afwijking moet rekening worden gehouden met de functie van de te boren productleiding, de gronddekkingseisen en met overige belanghebbenden/gebruikers van de ruimte waarvoor wordt geboord.

b) In de lengte- en breedterichting en de diepteligging van de hartlijn van de leiding mag geen afwijking groter dan de in tabel G.1 genoemde waarden optreden.

Richting	Maximale afwijking ^a
Verticaal	+ 1 m/– 1 m
Horizontaal: — in lengterichting; t.p.v. uittredepunt — in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt — in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+ 5 m/– 2 m + 1 m/– 1 m + 5 m/– 5 m
^a Aan de minimale gronddekking moet altijd worden voldaan (zie G.4.1).	

Figuur 31: Tabel G.1 - Maximaal toegelaten afwijking van theoretische lijn van de boring

10.3.4.2 Rakketten: Pneumatische boortechiek (PBT) (G.5)

Art. G.5.3 Diepteligging onder wegen

Onder stroomwegen moet op elk punt van het voltooide boortracé de afstand a tussen de bovenzijde van de leiding en het laagste punt van de onderzijde van de ongebonden of gebonden (steen)funderingslaag van de verharding voldoen aan:

$$a \geq 0,8 + 0,03 \cdot L_b$$

waarin:

a is de afstand tussen de verharding en de kruin van de leiding, in m;

L_b is de lengte van de boring, in m.

10.3.5 NEN3651

Samen met de NEN 3650 is in juni 2012 de NEN 3651 'Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatwerken' uitgebracht, ook deze vervangt de versie van 2003. Enkele relevante artikelen uit deze norm hebben betrekking op revisiemetingen en revisietekening.

Art. 9.2.3 Revisiemetingen

Tijdens de aanleg van een kruising moeten metingen voor revisietekeningen worden gemaakt van alle

- relevante gegevens zoals:
- leidinggegevens;
- leidingligging;
- aangebrachte voorzieningen;
- afmetingen en profiel van de gegraven sleuf resp. gepleegde grondontgravingen;
- plaats en hoogte van zet- en zakbaken plus referentiepunt, vastgelegd aan respectievelijk Rijksdriehoeksnet en NAP, inclusief nulmeting.

Art. 10.2 Revisietekening

Na het gereedkomen van een project met een of meer kruisingen volgens deze norm moeten

revisietekeningen worden opgemaakt, waarop ten minste zijn aangegeven:

- gegevens met betrekking tot het getransporteerde medium;
- de gegevens van de leiding, zoals uitwendige middellijn, wanddikte(n), materiaalgegevens, materiaalovergangen, type en dikte uitwendige bekleding,

ontwerpdruk, maximumbedrijfsdruk, maximumbedrijfstemperatuur, maximale temperatuursverschillen, appendages, plaats en specificatie van eventuele veiligheidsmiddelen en het te transporteren medium;

- de juiste ligging van de leiding in bovenaanzicht en dwarsprofiel ter plaatse van de kruising, veiligheids- en invloedszones direct na het gereedkomen van de kruising, met vermelding van alle van belang zijnde afmetingen, hoogtematen en afstanden en de vrije ruimte van de leiding ter plaatse van een eventuele damwanddoorvoering;
- horizontale ligginggegevens in Rijksdriehoekscoördinaten en hoogtematen in relatie tot het NAP; digitale vastlegging van de gegevens heeft de voorkeur;
- de voor de kruising aangebrachte verdere voorzieningen, zoals damwanden, mantelbuizen,
- beschermingsvloeren, ankerblokken, gewichtsbekledingen, leidingfundaties enz.;
- het profiel van de voor het leggen van de leiding gemaakte ontgraving en het materiaal waarmee de sleuf is aangevuld;
- het oorspronkelijke profiel en het nieuwe profiel van het waterstaatswerk met aanduiding van het materiaal waarmee het profiel is aangevuld;
- de juiste plaats en hoogteligging van de aangebrachte meetpunten met baaklengte en het gebruikte referentiepunt;
- de resultaten van de nulmeting van aangebrachte meetpunten;
- geotechnisch profiel of sonderingen en boringen uit het grondonderzoek van de kruising;
- plaats van de meetpunten voor de kathodische bescherming, evenals de plaats van het eventuele anodebed, indien van toepassing;
- voor een HDD-boring bovendien:
 - ligginggegevens van de 'pilot' boring en eindsituatie van de ingetrokken buis met aanduiding hoe de gegevens zijn verkregen;
 - voor leidingen met middellijnen kleiner dan of gelijk aan 100 mm en een lengte tot 50 m kan worden volstaan met de ligginggegevens van de 'pilot' boring.

Art. 10.3 Metingen na uitvoering van de aanleg

De ligging van een met HDD-techniek aangebrachte leiding moet met een aparte meting na installatie van de leiding worden bepaald. Dit geldt niet voor leidingen met een middellijn kleiner dan of gelijk aan 100 mm en een lengte minder dan 50 m.

10.3.6 NEN 7244

De NEN 'Gasvoorzieningsystemen -Leidingen voor maximale bedrijfsdruk tot en met 16 bar.' Heeft enkele relevante artikelen met betrekking tot aanleg van sleufloze technieken en registratie.

Art. 7.4.1.2 Aanleg met sleufloze techniek

Voor de diepteligging: zie 7.4.1.1, punt j.

Voor leidingen die worden aangelegd met behulp van sleufloze technieken gelden specifieke eisen, afhankelijk van de omgeving, de techniek, de leidingdiameter, het leidingmateriaal en de sleufloze lengte.

Bij de toepassing van sleufloze technieken moet in het algemeen rekening worden gehouden met de

volgende punten:

- a. bij de tracékeuze en de toe te passen techniek moet rekening worden gehouden met de samenstelling en eigenschappen van de bodem op verschillende diepten en mogelijke ondergrondse obstakels;
 - b. *afhankelijk van de techniek en de nauwkeurigheid van sturen, moet rekening worden gehouden met de afstand tot andere kabels en leidingen, ondergrondse infrastructuur of bouwwerken;*
 - c. de toegepaste sleufloze techniek mag de buiswand en/of de buisbekleding niet beschadigen en de leidingconstructie niet zo belasten dat dit gevolgen heeft voor de levensduur;
 - d. de leiding mag alleen lasverbindingen (of spiegellassen) bevatten;
 - e. bij het passeren op korte afstand van ondergrondse infrastructuur moet de ruimte worden
 - f. vrijgegraven;
 - g. de zend- en ontvangput moeten voldoende groot zijn om veilig te kunnen werken;
 - h. bij de keuze van het tracé en het leidingmateriaal moet met de maximaal optredende omgevingstemperatuur rekening worden gehouden, zie hiervoor de materiaalspecifieke delen van deze norm. Bewaar voldoende afstand tot bijvoorbeeld verwarmingsleidingen;
- OPMERKING In het algemeen is een afstand van 1 m t.o.v. goed geïsoleerde leidingen voldoende.
- i. Bij de keuze van het tracé moet rekening worden gehouden met de eisen van de verschillende vergunninggevers.

Art. 13.2 Registratiesysteem

De leidingbeheerder moet een actueel registratiesysteem voor hoofdleidingen hebben, zie ook 4.1.

Het registratiesysteem moet ten minste informatie bevatten over de volgende kenmerken:

- maximale bedrijfsdruk;
- jaar van aanleg;
- tracé;
- bijzondere rechten zoals vergunningen, zakelijk recht, recht van overpad;

- *liggingsdiepte, ingeval van afwijking t.o.v. de normale diepte;*
- *leidingmateriaal, middellijn, wanddikte, verbindingstechniek;*
- *afsluitergegevens;*
- *gasdrukregel-en meetstations;*
- *plaats en type hulpstukken (indien van uitzonderlijke uitvoeringsvorm);*
- *middelen om de locatie van aansluitleidingen te bepalen.*

10.4 Vergunningen

Vergunningverleners hebben invloed door de eisen die zij stellen aan een boring en de controle die zij hierop uit oefenen. Van de twee grote infrastructuurbeheerder RWS en ProRail zijn hieronder de belangrijkste eisen opgenomen.

10.4.1 RWS

De meest relevante artikelen uit de Richtlijn Boortechneiken, versie november 1995 en januari 2004 van RWS

Art. 1.2.1 Minimale dekkingseis

De gronddekking ter plaatse van de verharding moet overal minimaal 1,5 m bedragen.

Voorbeeld: De minimale eis ten aanzien van de gronddekking van 1,5 m betekent praktisch gezien een dekking van minimaal 2,0 m tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (1,5 m gronddekking + 0,5 m verhardingslaag).

Art. 1.4.1. bullit 5

Tijdens de boring moet de positie van de boorkop (continu) worden afgelezen en genoteerd in een logboek. Ten behoeve van de controle dient in een grafiek de gemeten positie ten opzichte van het geplande tracé in zowel horizontale als verticale richting te worden uitgezet. De positie dient door middel van een plaatsbepalingsysteem (bijvoorbeeld radiodetection of Tru-tracker plaatsbepalingsysteem), of gelijkwaardig, te worden gecontroleerd. Bij afwijkingen groter dan de toegestane tolerantie dient contact met de vergunningverlener te worden opgenomen.

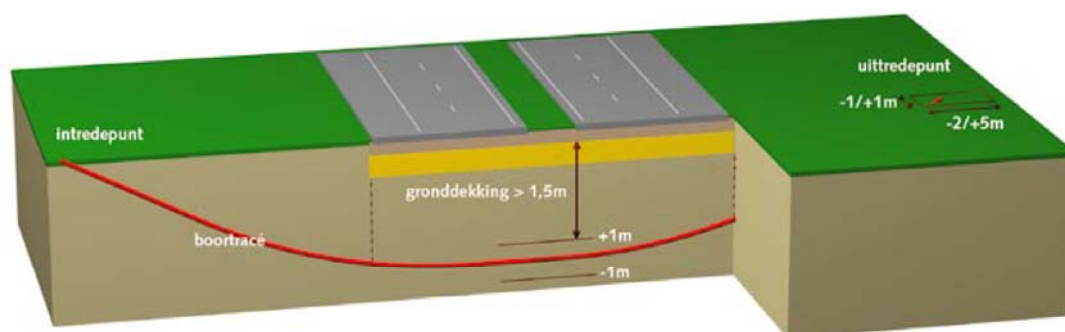
Art. 1.4.2 Afwijkingen

1 In overleg met de belanghebbenden dienen voor aanvang van de werkzaamheden de afwijkingstoleranties te worden vastgesteld. Afwijkingen groter dan genoemd onder punt 2 zijn slechts toegestaan na zorgvuldige analyse van de mogelijkheden. De afwijkingstolerantie is afhankelijk van de functie van de te boren productleiding en de gronddekkingseisen.

2 In de lengte- en breedterichting en de diepteligging van de hartlijn van de leiding mag geen afwijking groter dan de in tabel 1 genoemde waarden optreden.

RICHTING	MAXIMALE AFWIJKING*
Verticaal	+1/-1 m
Horizontaal: - in lengterichting; t.p.v. uittredepunt - in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt - in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-2 m +1/-1 m +5/-5 m

Figuur 32: Tabel 1 uit artikel 1.4.2 Afwijkingen



Figuur 3 illustratie van maximaal toegestane afwijkingen van de theoretische lijn van het boorplan, conform tabel 1

Figuur 33: illustratie uit Richtlijn boortechnieken RWS

Nauwkeurigheid

Alleen deze twee artikelen vermelden iets over de nauwkeurigheid van de te maken boring. Minimale aanlegdiepte van 1,5 meter onder de verhardingslaag wat uitkomt op een minimale diepte van 2 meter. Aanlegnauwkeurigheid is in onderstaande tabel weergegeven

RICHTING	MAXIMALE AFWIJKING*
Verticaal	+1/-1 m

Horizontaal:	
- in lengterichting; t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
- in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
- in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m

Tabel 8: Aanlegnaauwkeurigheid

10.4.2 ProRail (Witte boekje)

Technische Voorschriften bij vergunningen voor kabels en leidingen langs, onder en boven de spoorweg (witte boekje). Volgende versie's 1970, 1976, 1993 en 2002. Alleen in de versie van 2002 is iets over meetsystemen en diepte ligging voor gestuurde boringen opgenomen.

Artikel 42

1. De minimaal aan te houden boordiepte, gemeten vanaf de bovenzijde van het boorgat tot aan het laagstgelegen punt aan de oppervlakte, is afhankelijk van de diameter van het boorgat en bedraagt voor een boorgat $\varnothing < 400$ mm 6 meter, voor een boorgat $\varnothing 400$ mm - $\varnothing 600$ mm 8 meter, voor een boorgat $\varnothing 600$ mm - $\varnothing 800$ mm 12 meter en voor een boorgat $\varnothing > 800$ mm 16 meter.
2. Bij boringen ten behoeve van kabels onder een overweg zoals bedoeld in artikel 37lid 2 dient een afstand tot maaiveld aangehouden te worden van ten minste 12 meter.

Artikel 43

De voorgeschreven minimale boordieptes gelden tussen de lijnen welke aan weerszijden van het baanlichaam op 2,75 m uit het hart van het buitenste spoor onder een helling van 1:1,5 naar beneden lopen.

Artikel 44

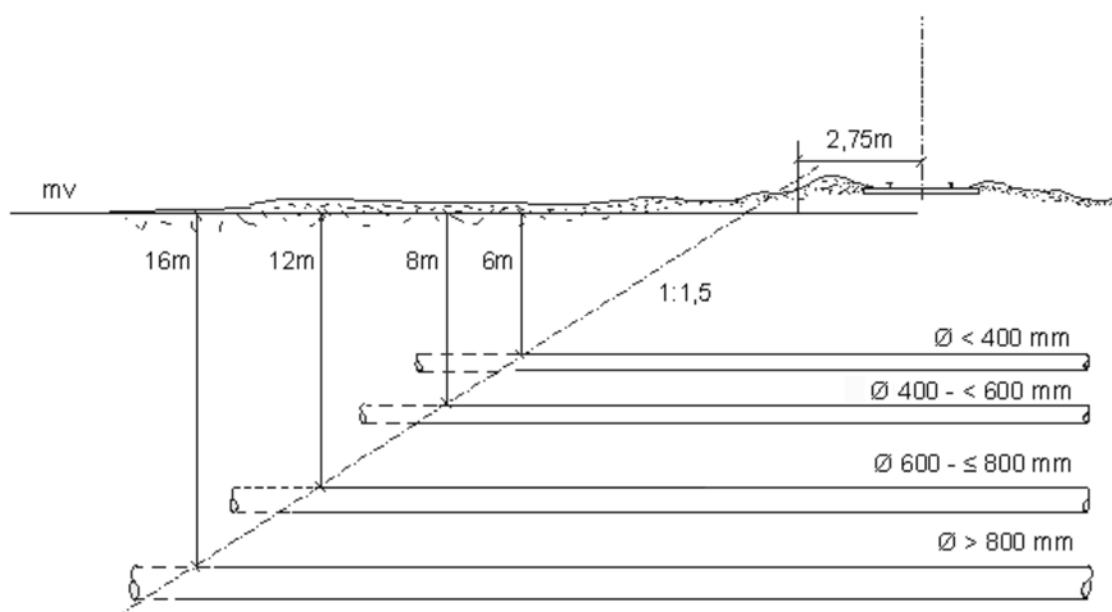
Afhankelijk van de nauwkeurigheid van het toegepaste meetsysteem kan Railinfrabeheer desgevraagd in de vergunning toestemming verlenen af te wijken van de in artikel 43 bepaalde lijnen.

Artikel 45

De toegepaste meetsystemen mogen geen invloed hebben op de exploitatie van de spoorweg.

Gevolgen voor de Nauwkeurigheid (aanleg)

Enige eis ten aanzien van diepte ligging is artikel 42 en 43 vanaf de versie 2002 aan HDD-boringen is een minimale diepte (Z-coördinaat).



Figuur 34: Diepte ligging boringen t.o.v. maaiveld

11 Kwaliteitsborging

Zoals in de voorgaande hoofdstukken duidelijk geworden, is de wijze van uitvoering en de controle van belang voor de uiteindelijke boor- en liggingskwaliteit.

Kwaliteitsboring, door vaste procedures en een op het werk gericht uitvoeringsplan van de booraannemer zal daaraan bijdragen. De opdrachtgever kan de kwaliteit van de boring, denk aan de nauwkeurigheid, maximale afwijking, wijze van inmeten en controles in de aanbestedingseisen opnemen. Zo hebben diverse netbeheerders meetbestekken opgesteld of worden er een erkenningsregeling gehanteerd.

Opleiding draagt bij aan het verhogen van de kwaliteit bij het toepassen van sleufloze technieken. Het onderstaande schema laat zien dat alleen voor Horizontaal Gestuurd Boren een officiële opleiding beschikbaar is.

Opleiding	1900	1960	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
Openfront																
Geslotenfront																
HDD																
Raketten																

→ SBW / Fundeon: Boormeester Gestuurd Boren 1
→ SOMABedrijfsopleidingen: Boormeester Gestuurd Boren
→ Koning Willem I College: HDD Boormeester

Figuur 35 overzicht opleidingen

Opvallend genoeg blijkt de opleiding tot HDD-boormeester pas rond 2004 beschikbaar te zijn, terwijl begin de jaren 2000 de techniek veelvuldig is toegepast. Voor de overige boortechnieken en het gebruik van locatiemeet apparatuur worden opleidingen door fabrikanten of boorbedrijven zelf gegeven.

In de opleiding tot HDD-boormeester staat de techniek centraal. Aandacht aan procedures, (omgevings)factoren die van invloed kunnen zijn op de boorlijn of het stuursysteem kunnen beïnvloeden worden behandeld, echter in beperkte mate.

Verkeerde registratie en onvoldoende kennis van (omgevings)factoren hebben grote invloed op zowel de boornauwkeurigheid als de latere liggingsnauwkeurigheid. Door deze aspecten naast techniek in een opleiding mee te nemen, zal daar zeker een bijdrage geleverd worden aan een betere aanleg nauwkeurigheid en liggingsregistratie.

12 Schema liggingsnauwkeurigheid

		liggingsnauwkeurigheid																	
item		1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	extra versterkende factoren			
leiding / mantelbuis materiaal																slappe lagen/veengrond			
																opdrijven	ophoging/ ontgraving/ directe nabijheid	licht transport- medium	
	PE															(z-as)	(x,y,z-as)	(z-as)	
	Staal															(z-as)	(x,y,z-as)	(z-as)	
	AC															(z-as)	(x,y,z-as)	(z-as)	
	Beton															(z-as)	(x,y,z-as)	(z-as)	
	Glasvezel															(z-as)	(x,y,z-as)	(z-as)	
	Gietijzer															(z-as)	(x,y,z-as)	(z-as)	
Regelgeving van toepassing																liggings- eisen	controle		
	RWS richtlijn boren							nov 1995		jan 2004						(x,y,z-as)	- beperkt		
	ProRail (spoorwegen) Witte boekje	versie 1970			versie 1984					versie 2002 (hdd-boringen)						(z-as)	- beperkt		
	Provincie Zuid Holland /Waterschap / Hoogheemraadschap	Pijpleidingencode Zuid-Holland 1968																	
	Gemeente Amsterdam (Handboek ondergrondse Infra)						HOI 1996						WIOR 2009						
	Gemeente Rotterdam (leidingverordening)																		
	NEN3650/51	API normen					NEN3650 19				NEN3650/51 2003					NEN3650/51 2012			
	NEN7171																		
NEN7244																			
	WION/KLIC melding	KLIC																	
Revisie	omzetten analoog naar digitaal doormiddel van vectoriseren																		
	omzetten analoog naar digitaal doormiddel van conveteren																		
	Wijziging van bovengrond																		
Na meten ligging																			
	Inertiële meetsystemen (giroscoop)																		
	Hydrostatische meetsystemen															alleen z-as			
	proefsleuven ondiepe persingen of uit- en intrede punt															max 2 mtr diep			
	Aanprikken ondiepe persingen en hdd- boringen															max 6 mtr diep			
	grondradar ondiepe persingen en hdd- boringen															max 2 mtr diep			
Overige	certificeringsregelingen CKB																		
	Opleiding boormeester																		

13 Conclusie en aanbevelingen

13.1 Conclusie

Het toepassen van sleufloze technieken voor het passeren van boven- en ondergrondse obstakels is niet meer weg te denken voor het aanleggen van kabels en leidingen. De bestaande sleufloze technieken zijn zover ontwikkeld dat een nauwkeurige aanleg binnen de wettelijke en maatschappelijke kaders geen probleem is, mits men de juiste techniek en meetmethode's kiest. Deze kaders worden bepaald door onder andere een grotere dichtheid van ondergrondse infrastructuur, vooral in stedelijk gebied en het voorkomen van maatschappelijke schade en risico's.

Kabels en leidingen die in het verleden met sleufloze technieken zijn aangelegd, hebben vaak niet de vereiste liggingsnauwkeurigheid, die maatschappelijk gewenst of in de wet WION geëist is. Oorzaken worden gezien in:

- de beperkingen van de techniek en meetmethode's,
- foutieve registratie,
- verkeerd verwerken van liggingsdata,
- omgevingsfactoren, zoals zettingen door grondbelastingen.

Dit maakt het opsporen en opnieuw inmeten van een boring in veel gevallen noodzakelijk.

Het verbeteren van de liggingsgegevens bij de ondiepe GFT, OFT en raketboringen kan door het opzoeken van de koppen en het trekken van een rechte lijn tussen deze punten, bij HDD ligt dit echter gecompliceerder en zijn andere complexere opsporingsmethodes noodzakelijk.

13.2 Aanbevelingen

Om de aanlegnauwkeurigheid in de toekomst te borgen heeft de werkgroep de volgende aanbevelingen geformuleerd:

Techniek en uitvoering:

1. Stel bij het aanbesteden van sleufloze technieken expliciet eisen aan de te gebruiken locatie meettechniek of aan de te behalen aanleg nauwkeurigheid.
2. Bij grotere HDD boringen (400 mm) altijd de mantelbuis of leiding nameten met een gyro als er vanwege de geotechnische opbouw van de grond (slappe lagen) risico bestaat, dat de ligging van de leiding of mantelbuis afwijkt van de pilotboring .
3. Registreer de aanleg altijd vanuit een vastpunt op basis van het Rijksdriehoeksnet (RD-stelsel).
4. Verwerk de meetgegevens digitaal, om menselijk fouten te voorkomen.
5. Laat een revisie / as-built van een boring door medewerkers maken, die over inhoudelijke kennis van boortechnieken beschikken.

6. Bewaar meetgegevens van boringen en voorgaande revisies, om bij twijfel van de ligginggegevens het opsporen van de boring te vereenvoudigen

Algemeen:

1. Verbeter of ontwikkel opleidingen voor boormeesters en andere direct betrokken door expliciet aandacht te geven aan aspecten die een grote invloed kunnen hebben op de aanleg- en liggingsgegevens.
2. Heb bij de ontwikkeling van regelgeving en wettelijke kaders meer aandacht, hoe om te gaan met ondergrondse werkzaamheden in de nabijheid van boringen waarvan de liggingsgegevens niet nauwkeurig zijn.

14 Literatuur

Technische Voorschriften bij vergunningen voor kabels en leidingen langs, onder en boven de spoorweg, vastgesteld d.d. 1 februari 2002, Utrecht, Railinfrabeheer, 2002.

Richtlijn Boortechnieken januari 2004, DWW-2003-047, Delft, RWS, januari 2004.

Kabels en leidingen detecteren zonder graven, O10_ER_11_47157, Gouda, COB, 2011

Presentatie "NEN 3650 een gemeenschappelijk kennisdocument", Ir G. Kruisman, Symposium Herziening NEN 3650, Zeist, 13 mei 2003

NEN 3650, Eisen voor buisleidingsystemen, juli 2003, ICS 23.040.10, Delft, NEN 2003.

NEN 3650, Eisen voor buisleidingsystemen, juni 2012, ICS 23.040.10, Delft, NEN 2012.

NEN 3651, Aanvullende eisen voor leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken, ICS 23.040.10, Delft, NEN juli 2003.

NEN 3651, Aanvullende eisen voor leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken,

ICS 23.040.10; 93.010, juni 2012.

NEN 7171

NEN 7244

Verplichte Informatie-uitwisseling Ondergrondse Kabels en Leidingen, ADV 534:2004, Delft, NEN September 2004.

Eerst commitment, dan deadlines! De mogelijkheden van procesmanagement voor complexe normalisatieprocessen, Nanne Schriek, Delft, augustus 2004.

API Specifications D5, Specification for Drill Pipe, Washington, American Petroleum Institute,

15 Bijlage

Begrippen en afkortingen

15.1 Begrippen

Bentoniet: Smeer/stabiliteitsvloeistof

Het witte boekje: Technische Voorschriften bij vergunningen voor kabels en leidingen langs, onder en boven de spoorweg

15.2 Afkortingen

HDD: Horizontal directional drilling

OFT: Open Front Techniek

GFT: Gesloten Front Techniek

WION: Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten