

Steil of flauw?

Toepassing van het CAPWAT-onderzoek bij kruisingen met kunstwerken

Inleiding

Lucht in een persleidingsysteem kan leiden tot een grote teruggang van de capaciteit. Met name bij de neergaande hellingen leidt luchtaccumulatie tot energieverliezen. Neergaande leidingdelen komen voor ter plaatse van de kruisingen met kunstwerken, zoals dijken, wegen, watergangen et cetera. Dit constaterende is het een logische stap om deze kruisingen nader onder de loep te nemen om te bekijken welke effecten de resultaten uit het CAPWAT-onderzoek op het ontwerp hebben. In het bijzonder kruisingen door middel van horizontaal gestuurde boringen, aangezien dit tegenwoordig dé uitvoeringsmethode is om obstakels te kruisen.

De gebruikelijke ontwerprichtlijnen van deze techniek lijken in eerste instantie in tegenspraak met de resultaten uit het CAPWAT-onderzoek. Uit het onderzoek blijkt namelijk dat luchttransport vooral gebaat is bij een steile neergaande hoek en een kort neergaand been. Horizontaal gestuurde boringen worden juist met relatief flauwe hoeken uitgevoerd waarbij lengtes van neergaande benen bij grote boringen wel kunnen oplopen tot 200 meter.

Typen kruisingen

Drie typen kruisingen worden hier onderscheiden: de zinker, micro-tunneling (doorpersing) en de horizontaal gestuurde boring. De eerste twee uitvoeringsmethoden kenmerken zich door (gedeeltelijk) ontgraving, waarbij het eenvoudig mogelijk is een verticaal neergaand been aan te brengen, wat volgens het CAPWAT-onderzoek het meest gunstige is voor luchttransport. Bij een zinker kan dit aangebracht worden in de sleuf en bij micro-tunneling in de perskuipen. Bij een horizontaal gestuurde boring kan dit niet zonder dat zeer grote ingrepen worden gedaan, doordat bij deze methode vanaf maaiveld een sleufloze kruising wordt gemaakt. In

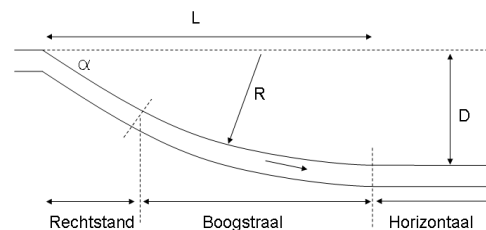
vergelijking met een zinker en micro-tunneling zijn de neergaande hoeken ook relatief klein. Deze relatief kleine hoek tot $20 - 30^\circ$, heeft met name met de beperkingen van de uitvoeringsmethode te maken.

Deze kleine hoeken pasten vroeger bij de eisen die volgden uit de theorie over luchttransport van Kent. Deze methode voorspelt namelijk juist het meeste luchttransport bij kleine hellingen, dit in tegenstelling tot het CAPWAT-onderzoek.

Gesteld kan dan ook worden dat met de nieuwe inzichten horizontaal gestuurde boringen over het algemeen minder positief zijn voor het transport van lucht dan de andere kruisingsmethoden. Om te bepalen welke effecten zijn te verwachten zullen we het ontwerp van een horizontaal gestuurde boring hierna nader bekijken.

Ontwerp horizontaal gestuurde boring

De kenmerkende afmetingen van een horizontaal gestuurde boring zijn met name afhankelijk van de in- en uittredehoek, de rechtstand en de boogstraal (zie figuur 1). Door deze te variëren binnen de toelaatbare grenzen kan de gewenste diepte en lengte van de kruising bereikt worden.



Figuur 1 schematische weergave van het neergaande been van een horizontaal gestuurde boring

Uit het CAPWAT-onderzoek volgt dat steilere neergaande hoeken positiever zijn voor luchttransport dan flauwere. Het

lijkt in eerste instantie dus logisch om bij de uitvoering een zo steil mogelijke in- of uittredehoek ter plaatse van de neergaande helling α (zie figuur 1) te maken. De verwachting is echter dat dit niet direct tot meer luchttransport leidt. De reden hiervoor is dat het neergaande been een boogstraal bevat en zodoende alle hoeken (dus ook de flauwere) tussen de neergaande hoek en het horizontaal vlak doorloopt. Uit het CAPWAT-onderzoek blijkt dat bij rechte benen met een hoek van 5 of 10 graden het minst gunstig zijn voor luchttransport en dus maatgevend zullen zijn. Met name bij grotere boogstralen (orde van grootte vanaf 100 à 150 m) bedraagt het overgangsgebied rond deze hoeken al snel een tiental meters, wat voldoende lengte lijkt voor het minimale luchttransport, dat optreedt bij deze hoeken, om zich in te stellen. Het belang van het vergroten van de neergaande hoek α (bij de uitvoering gecreëerd door een in- of uittredehoek) bij horizontaal gestuurde boringen is dus kleiner en wellicht verwaarloosbaar, dit in tegenstelling tot wat in eerste instantie logisch lijkt.



Figuur 2 boorstelling

Uit de resultaten van het CAPWAT-onderzoek blijkt dat het zaak is om de lengte van het neergaande been en de diepte van de leiding te beperken. Bij een korter been wordt meer lucht voorbij het neergaande been getransporteerd dan wanneer dit langer is. Een kleine boogstraal, wat een korter neergaand been tot gevolg heeft, is dus effectiever

voor luchttransport. De diepte van de leiding bepaalt de omvang van het maximaal mogelijke energieverlies van de kruising. In de worst-case situatie dat het neergaande been geheel gevuld is met lucht kan dit leiden tot een energieverlies gelijk aan de diepte van de kruising. Als de leiding dus 10 meter zakt, kan het energieverlies maximaal 10 meter bedragen. Dit dringt de capaciteit van het systeem, uitgaande van een opvoerhoogte van de pomp van 20 – 30 mwk, dus aanzienlijk terug. De gevolgen voor een systeem waar meerdere van dit soort kruisingen aanwezig zijn, lijken dus evident. Om het maximale energieverlies en daarmee het risico op problemen met transport van lucht te beperken is het aan te bevelen om de diepte van horizontaal gestuurde boringen te beperken.

In de praktijk zal de keuze voor de intredehoek, de uittredehoek en de boogstraal al grotendeels vastliggen. Intredehoeken zijn mede afhankelijk van de gebruikte boorstelling (zie figuur 2), 20 - 30° is onder normale omstandigheden de maximaal toepasbare hoek afhankelijk van de leidingdiameter. Ook bij het uittredepunt kunnen niet te grote hoeken worden toegepast in verband met de hoogte van de ophangconstructie of rollenbank bij het intrekken van de leiding.



Figuur 3 rollenbank bij de uittredehoek

De boogstralen worden bij horizontaal gestuurde boringen met kunststofleidingen en gelede leidingen bepaald door de boorstangen, die vaak

Steil of flauw?

uit aluminium of staal bestaan. In het geval van stalen leidingen is de toelaatbare boogstraal van de leiding maatgevend.

Naast deze technische randvoorwaarden dient de boring ook te worden ingepast in de omgeving. Dit betekent voldoende afstand houden tot ondergrondse en bovengrondse objecten en het maaiveld. Vaak wordt vanuit vergunningverlenende instanties hiervoor een minimale afstand als eis gesteld. Een bekende eis van ProRail is bijvoorbeeld om bij mediumvoerende leidingen zonder mantelbuis 16 m onder het spoor te kruisen. De lengte en diepte van het neergaande been is afhankelijk van de rechtstand, de hoek α en de boogstraal (zie figuur 1). Een combinatie die een kort neergaand been tot gevolg heeft lijkt gunstig.

Oplossingen

De keuze hoe om te gaan met lucht in leidingen is een keuze van de beheerder. Hierin zijn twee richtingen te onderscheiden: het wegnemen van lucht uit de leiding, oftewel het gebruik van ontluchters of het transporteren van de lucht door de gehele leiding. Aangezien het CAPWAT-onderzoek zich voornamelijk focust op transport van lucht door leidingen zullen wij op de eerste richting, het wegnemen van lucht, niet ingaan.

Naast eerder genoemde maatregelen is een ander middel om het risico op luchtproblemen te verkleinen het in het neergaande been verhogen van de snelheid naar de kritische snelheid voor volledig luchttransport. Dit is te bereiken door het verkleinen van het doorstroomde oppervlak in de horizontaal gestuurde boring. Door de diameter te verkleinen zal de snelheid en het luchttransport in de leiding toenemen. Nadeel is dat een kleinere diameter leidt tot grotere energieverliezen, beperkingen voor het piggen van leidingen en in

bestaande situaties lastig is om te creëren.

Om een effectieve oplossing te bewerkstelligen zal het energieverlies ten gevolge van de diameterverkleining kleiner moeten zijn dan het energieverlies ten gevolge van luchtophoping. Het energieverlies ten gevolge van de diameterverkleining wordt verder gereduceerd indien alleen de diameter van het neergaande been wordt verkleind. Bij nieuwe leidingen kan dit in het ontwerp en bij aanleg worden meegenomen, voor bestaande leidingen valt te denken aan het aanbrengen van een kleinere buis aan de binnenzijde van de leiding.

Aandachtspunt bij het verkleinen van de diameter is het piggable houden van de leiding. Hierbij dient onderscheid gemaakt te worden tussen harde en zachte pigs. Zachte pigs kunnen een vernauwing aan van ongeveer één derde van de diameter. In de meeste afvalwaterpersleidingen kan worden volstaan door te reinigen met zachte pigs en deze zullen dus geen probleem vormen. Harde pigs, die bij afvalwaterpersleidingen in mindere mate worden toegepast, kunnen daarentegen niet vervormen en kunnen een verkleining van de diameter dus niet volgen. Het toepassen van een kleinere diameter kan in deze gevallen dus leiden tot een probleem met het reinigen van de leiding.

Steil of flauw?

Gezien de resultaten uit het CAPWAT-onderzoek is een zinker of micro-tunneling te prefereren boven een horizontaal gestuurde boring. Echter, andere overwegingen (uitvoeringstechnische, verstoring van de omgeving, planning en kosten) dan hydraulische zullen vaak toch leiden tot het toepassen van een horizontaal gestuurde boring.

Steil of flauw?

De neergaande hoek α lijkt voor luchttransport door horizontaal gestuurde boringen niet van belang, maar is meer de uitkomst van keuzen in andere parameters.

Oplossingen voor luchtproblemen bij horizontaal gestuurde boringen dienen te worden gezocht in het beperken van de lengte van het neergaande been en de diepte van de boring. De instrumenten om dit te bereiken zijn de intredehoek, de uittredehoek en de boogstraal. Als hiermee geen robuust ontwerp voor luchttransport is te verkrijgen, kan er gedacht worden aan het verkleinen van de diameter van het neergaande leidingdeel van de horizontaal gestuurde boring.

Voor meer informatie over dit onderwerp kunt u terecht bij:

John Driessen:
john.driessen@grontmij.nl
Tel: 030-6344700

of

Menno Jasperse
menno.jasperse@grontmij.nl
Tel: 030-6344700