

# **Detectie kabels en leidingen spoorwegnet met grondradar -- een blijvende zoektocht? --**

Naam auteur: Henk Leerkes  
Organisatie: ProRail

## **Samenvatting**

Langs en onder het spoorwegnet in Nederland ligt naar schatting ongeveer 100.000 km kabels en leidingen. Bijna wekelijks ontstaat er een storing als gevolg van graafwerkzaamheden. Met het oog op de verantwoordelijkheden als netbeheerder en ook voor beheer van de infrastructuur is het voor ProRail belangrijk te weten wat er ligt en waar het ligt. In 2004 is alle informatie 1 op 1 gedigitaliseerd. Sindsdien is nog jaren analoge informatie verwerkt. De vraag - die bij veel netbeheerders speelt - rijst nu naar de actualiteit van deze informatie: ligt de ondergrondse infra wel waar we denken?

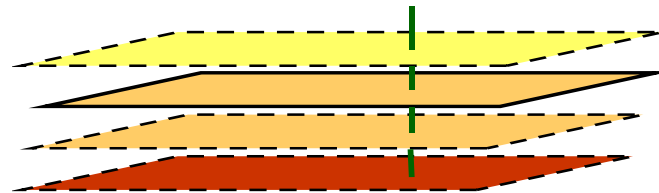
Daarom is vier jaar geleden bij ProRail het GOOI project – Grip Op Ondergrondse Infra – gestart: een inventarisatie van ondergrondse infra in en rond de spoorbanen met behulp van GPR (=grondradar). Deze paper beschrijft de aanpak en resultaten van de eerste fasen van het GOOI project. Aan het slot wordt een aantal lessen getrokken over de aanpak en de toepassing van GPR voor detectie en inventarisatie.

**Steekwoorden:** kabels, detectie, grondradar, evaluatie

## 1 Inleiding en achtergrond

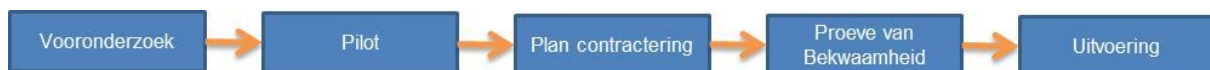
In de grondroerdersregeling (WION) zijn de verantwoordelijkheden van beheerders van ondergrondse netten uitgewerkt. De regeling heeft als doel maatschappelijke kosten door graafincidenten te voorkomen en de veiligheid voor publiek en milieu te vergroten. ProRail is als netbeheerder verplicht zijn net goed aan te leggen en te onderhouden en actueel betrouwbaar kaartmateriaal en tekeningen van de kabels en leidingen te beheren en verstrekken. Actueel betrouwbare informatie van bestaande netten is de basis voor een betrouwbaar ontwerp. Daarmee wordt niet alleen het risico op graafschade beperkt maar worden ook de aanlegkosten en planningsrisico's in projecten beheerst.

Binnen ProRail is de afdeling Informatie verantwoordelijk voor de informatie met betrekking tot de fysieke, functionele en geografische eigenschappen van de railinfrastructuur. Daarmee beantwoorden we de vragen, waaruit bestaat het, waarbinnen functioneert het, wat doet het en waar ligt het? Geografische informatie over de ligging van kabels en leidingen wordt in een GIS omgeving beheerd als themalaag bovenop andere basisregistraties met de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) als ondergrond. Zie figuur 1.



*Figuur 1. Geometrie opbouw basisregistraties*

In 2011 is het project 'Grip Op Ondergrondse Infra' (GOOI) gestart om alle aanwezige data- en tekeningbestanden met betrekking tot ondergrondse infra te actualiseren zodat ProRail beschikt over actuele en betrouwbare informatie over de ligging van haar kabels en leidingen. In figuur 2 is de chronologische opzet van het project weergegeven.



*Figuur 2. Projectopzet*

## 2 Aanbesteding

### 2.1 Zoektocht naar de aanpak

Om inzicht te krijgen in de ligging van kabels en leidingen wordt traditioneel gebruik gemaakt van het graven van proefsleuven. Dit is tijdrovend, kostbaar en geeft alleen lokaal inzicht ter plaatse van de proefsleuf. Bovendien levert de uitvoering vaak hinder op voor de treindienst. De landelijke schaal van het project GOOI maakte het noodzakelijk naar alternatieve technieken te zoeken voor het op grote schaal opsporen van kabels en leidingen.

In 2009-2010 is door de uitvoeringscommissie O10 van het Centrum Ondergronds Bouwen

(COB) een inventarisatie en analyse uitgevoerd van beschikbare non destructieve detectie-technieken. De resultaten hiervan zijn beschreven in het tussenrapport O10-08-01 'Innovatieve opsporingstechnieken ondergrondse infrastructuur' (Achterhuis, E-J c.s., 2010). De commissie komt tot een 3 tal constatering:

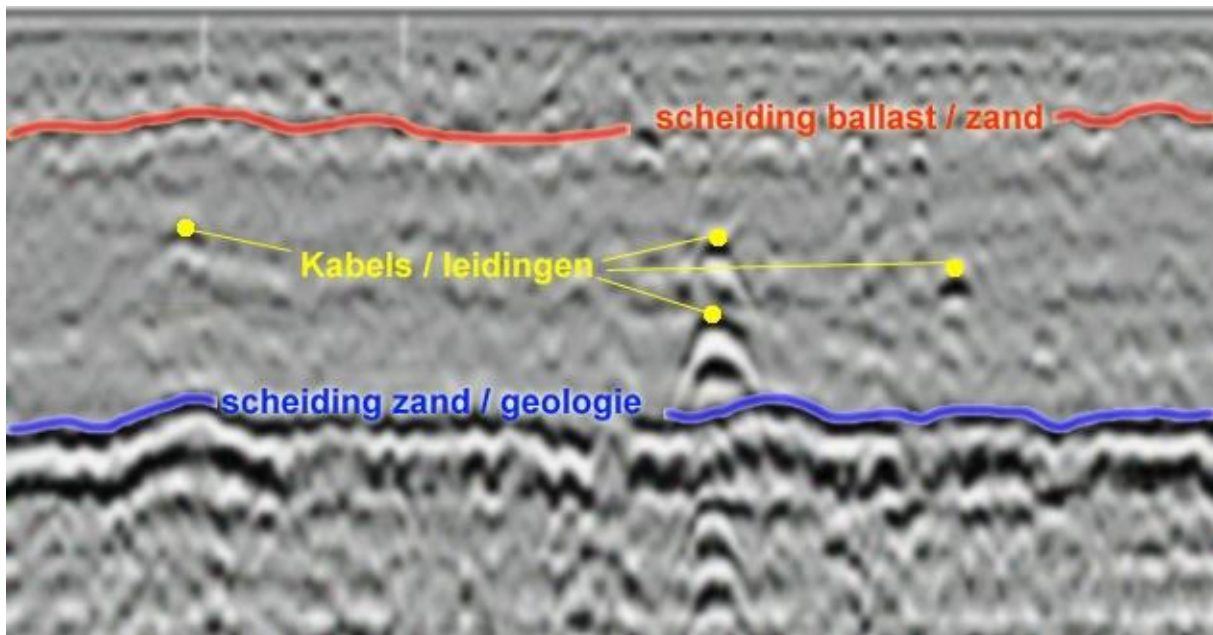
- Net als bij graven is 100% detectie niet mogelijk
- In de praktijk wordt gebruik gemaakt van een combinatie van technieken
- Detectie- en meetsnelheid hangen sterk af van de complexiteit van het leidingstelsel

De commissie concludeert dat, mits deskundig toegepast, het mogelijk is innovatieve technieken succesvol toe te passen. Daarnaast stelt zij dat het resultaat mede wordt bepaald door de deskundigheid van de gebruiker, zijn plan van aanpak en beschikbare tijd. Deze bevindingen waren voor ProRail voldoende aanleiding om de mogelijkheden voor inzet van non destructieve technieken in spoorse omgeving te onderzoeken. Hieruit kwamen grondradar en radiodetectie als meest geschikte technieken naar voren. Vervolgens is een pilot project gestart om meer inzicht te krijgen in de bruikbaarheid en betrouwbaarheid van grondradar en te beoordelen welke combinatie van technieken in spoorse omgeving meest succesvol kan zijn.



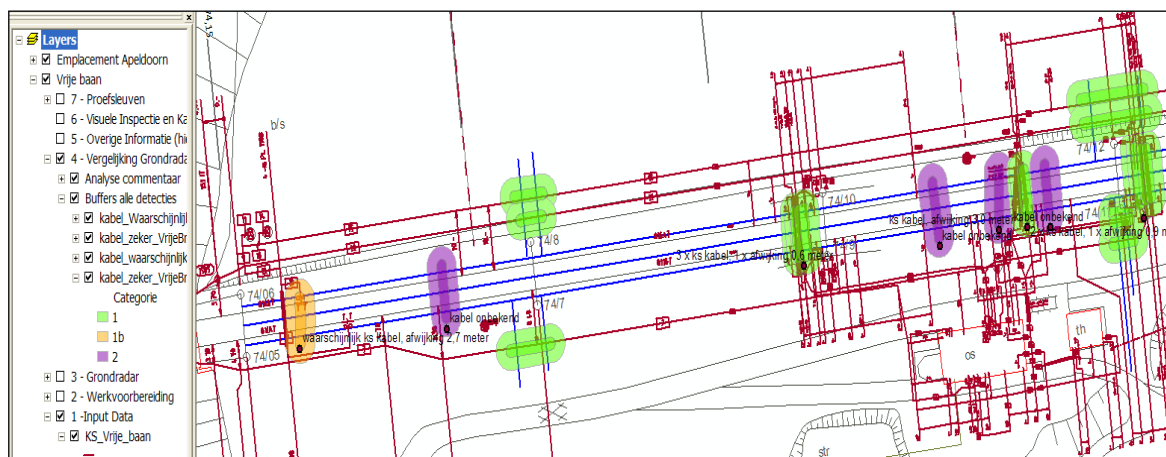
*Figuur 3. Twee grondradar sets aan weerszijden van een lorrie.*

De pilot is begin 2011 uitgevoerd op 4 verschillende locaties rondom Apeldoorn waarvan de complexiteit van het leidingstelsel sterk verschillend was. De radargrammen van de metingen met grondradar zijn allereerst geïnterpreteerd aan de hand van de sterkte en vorm van de reflectie.



Figuur 4. Geïnterpreteerd radargram.

Vervolgens is geanalyseerd in hoeverre de interpretatie overeenkomt met de beschikbare informatie uit andere bronnen. Hierbij is een 3-deling gemaakt van situaties waar metingen en andere bronnen overeenkomen, situaties waarin geen kabels/leidingen werden verwacht maar wel gedetecteerd en omgekeerd. In grofweg 65% van de gevallen kwam de situatie overeen met de tekening (groen in figuur 5). In 35% van de gevallen was er dus een verschil tussen meting en andere bronnen (Paars en Oranje). Met deskresearch kon een deel van de verschillen worden verklaard. In de overgebleven circa 15% kon de situatie alleen met een proefsleuf worden vastgesteld.



Figuur 5. Analyse geprojecteerd op Kabelsytuatietekening ProRail

De conclusies uit de pilot waren:

- Met een combinatie van technieken is het waarschijnlijk mogelijk de gewenste 95% betrouwbaarheid te bereiken
- Grondradar is een geschikte techniek om op grote schaal de ligging van kabels en leidingen in een spoorse omgeving vast te stellen
- Kennis van de netwerklogica is van cruciaal belang om situaties te kunnen verklaren
- Proefsleuven zijn een noodzakelijk onderdeel van de aanpak

## ***2.2 Contracteringsplan***

Voor de contractering stelt ProRail een plan op waarin de keuze voor het type contract en wijze van contracteren wordt vastgelegd. Keuzes worden gemaakt op basis van de aard en omvang van de uit te voeren werkzaamheden. De ervaringen van de pilot zijn hiertoe uitgewerkt in een work breakdown structure. Deze bestond uit:

1. Voorbereidende fase; verzamelen en analyseren bestaande informatie
2. Veldwerk non destructief: detecteren en lokaliseren
3. Analyse van verschillen tussen hetgeen aangetroffen in fase 2 en inventarisatie in fase 1
4. Veldwerk destructief: detecteren en lokaliseren
5. Analyse van de verschillen tussen hetgeen is aangetroffen in fase 4, het veldwerk in fase 2 en de inventarisatie in fase 1.
6. Aanpassen van ProRail tekening- en databestanden.

De gedefinieerde werkpakketten zijn onderling sterk afhankelijk. Het is daarom niet wenselijk om de werkpakketten over meerdere opdrachtnemers te verdelen. ProRail heeft daarom gekozen voor een ‘Design & Construct’ contract. Met de keuze van de organisatievorm ‘Design & Construct’ is impliciet voor een prestatiecontract gekozen, waarbij de opdrachtnemer zelf verantwoordelijk is voor een juiste en tijdige uitvoering van het gehele werk. Hiermee krijgt de opdrachtnemer ook meer vrijheid in het combineren van de detectietechnieken.

ProRail wilde zelf voldoende vrijheid hebben in het volume en in het tempo van uitvoering van het project. Er is daarom gekozen voor een concurrerende meerjarige raamovereenkomst met meerder partijen. Binnen de raamovereenkomst zijn deelopdrachten aanbesteed in mini-tenders waardoor de concurrentie geborgd is. In principe kan het project worden uitgevoerd door ieder ingenieursbureau dat kennis heeft van ondergrondse infra in de spoorse omgeving en tekening- en databestanden kan interpreteren, analyseren en bewerken. Echter, zoals de uitvoeringscommissie O10 van het COB al stelde, wordt het resultaat van de toepassing van grondradar mede bepaald door de deskundigheid van de gebruiker. Een keurmerk of certificering bestaat op dit moment echter niet. Het is daarom van groot belang alleen die partijen uit te nodigen voor het doen van een inschrijving waarvan in de praktijk is vastgesteld dat zij de gevraagde kwaliteit kunnen leveren; met gebruikmaking van grondradar. ProRail heeft er daarom voor gekozen een proeve van bekwaamheid te organiseren waarin geprekwalificeerde bedrijven konden laten zien waartoe zij in staat zijn. Alleen die gegadigden die in de proeve van bekwaamheid hebben aangetoond de juiste kwaliteit te kunnen leveren, zijn vervolgens uitgenodigd om in te schrijven.

## ***2.3 Proeve van Bekwaamheid***

In Amersfoort is een gebied van 200 bij 50 meter op het emplacement gebruikt voor het houden van de Proeve van Bekwaamheid. Elke partij heeft 4 uur netto de tijd gekregen om met behulp van grondradar, door middel van visuele inspectie en met een vooraf vastgesteld aantal proefsleuven de ondergrondse infra in het gebied in kaart te brengen. Deze informatie moest vervolgens worden verwerkt op tekening en bijbehorende Excel bestanden met nadere informatie over afzonderlijke kabels en leidingen. Zowel de resultaten van de detectie als de kwaliteit van de tekening en Excel bestand zijn beoordeeld en van een kwaliteitscijfer voorzien. De minimum eis was een score van 75 punten op een totaal van 100. Geen van de geprekwalificeerde bedrijven haalde de vereiste score.

De resultaten zijn door ProRail geanalyseerd en met betrokken bedrijven besproken, De belangrijkste gezamenlijke conclusies waren:

- De complexiteit van een emplacement is op dit moment te groot
- Kwaliteit staat onder druk door beperkte tijd
- Informatiebronnen worden onvoldoende gecombineerd om te komen tot een totaalbeeld
- De gevraagde betrouwbaarheid is realistisch

De indruk bestond dat partijen op basis van deze ervaringen in staat zouden moeten zijn verder te ontwikkelen en de gevraagde kwaliteit te leveren. ProRail heeft daartoe een 2<sup>e</sup> Proeve van Bekwaamheid georganiseerd op een 2- sporig baanvak in Utrecht tussen station Maliebaan en Lunetten. De complexiteit was hier aanzienlijk kleiner dan in Amersfoort.

In deze 2<sup>e</sup> Proeve van Bekwaamheid hebben alle deelnemende bedrijven een voldoende score behaald. De ervaringen uit de Proeven van Bekwaamheid zijn vervolgens gebruikt bij de verdere uitwerking van het contract.

### **3 Uitvoering**

#### **3.1 Scope**

De grootste uitdaging bij het uitwerken van de scope was te zorgen voor een gezond evenwicht tussen de vraag van ProRail (betrouwbare informatie) en het aanbod van de markt (beschikbare kennis en technieken) en dat tegen aanvaardbare kosten. We hebben dat gedaan door de gevraagde complexiteit te reduceren.

Onderzoek naar alle kabels en leidingen, zowel de ons bekende als onbekende, zou betekenen dat er met een grote intensiteit vlakdekkend met grondradar gemeten zou moeten worden. Dergelijke metingen zijn niet alleen kostbaar en tijdrovend, maar de detectie van iets onbekends is ook veel lastiger te analyseren. Omdat het risico van graafschade voor kabels en leidingen langs het spoor kleiner is dan voor kruisende kabels en leidingen, is een 2-deling in de eisen gemaakt. Voor kabels en leidingen langs het spoor is de eis beperkt tot alle vooraf bekende kabels en leidingen. Voor kruisende kabels en leidingen diende minimaal 95% van alle, bekende én onbekende, kruisingen gedetecteerd te worden. Voor de maatvoering is een uniforme eis gesteld ten aanzien van de nauwkeurigheid, van +/- 30 cm in X, Y en Z-richting.

Door de opzet van de contractering met aanbesteding van afzonderlijke deelopdrachten was het mogelijk te beginnen met spoorlijnen met een geringe complexiteit en de complexiteit vervolgens langzaam op te voeren. In 2012 is gestart met de eerste deelopdracht die bestond uit 3 spoorlijnen in Friesland. Deze spoorlijnen zijn deels enkel spoor en niet voorzien van bovenleiding. In een 2<sup>e</sup> deelopdracht is een deel van Noord-Holland boven het Noordzeekanaal onderzocht. Vervolgens is in de 3<sup>e</sup> en 4<sup>e</sup> deelopdracht een groot gedeelte van de Randstad in de driehoek Amsterdam – Rotterdam – Utrecht opgepakt. De 5e deelopdracht bevatte een aantal spoorlijnen in Zuid Nederland. Daarmee is tot nu toe ongeveer 30% van Nederland onderzocht.



### **3.2 Resultaten**

Er is in 3 jaar tijd ongeveer 900 km spoorbaan onderzocht met grondradar. Er zijn ‘buiten’ kleine én grote afwijkingen gevonden ten opzichte van de situatie zoals deze ‘binnen’ vooraf bij ProRail bekend was. Hiervoor zijn allerlei oorzaken aan te wijzen. De belangrijkste zijn:

- Ontwerp verwerkt als ‘as built’, aanpassingen tijdens uitvoering zijn niet verwerkt;
- Ontwerp verwerkt als ‘as built’, ontwerp te schematisch getekend met rechte lijnen en haakse hoeken terwijl de praktijk vloeiender loopt;
- Kabels en leidingen zijn buiten gebruik, verwijderd van tekening maar nog wel buiten aanwezig;
- Revisiegegevens van projecten zijn niet verwerkt.

De afwijkingen zijn door middel van deskresearch nader onderzocht. Oude projectdossiers zijn geraadpleegd en detectie vergeleken met gegevens over kabels en leidingen van andere netbeheerders. Een deel van de afwijkingen is daarmee verklaard. Vervolgens is het restant, vooral situaties waar geen informatie uit oude tekeningen of dossiers beschikbaar was, onderzocht door middel van het graven van ruim 2000 proefsleuven. Daarmee is uiteindelijk in alle situaties vastgesteld waar de kabel- en leidingtracés lopen én ter hoogte van de proefsleuf welke kabels en leidingen er in het tracé liggen. Een volledige reconstructie van de loop van afzonderlijke kabels en leidingen was zelfs met alle beschikbare informatie niet mogelijk. Dat zou aanzienlijk extra onderzoek hebben gevergd dat maar beperkt bijdraagt aan het primair doel van het project; risico op graafschades reduceren.

## **4 Conclusies en Lessons learned**

In december 2015 is het project geëvalueerd met deelnemers van de betrokken partijen. We hebben onderling ervaringen uitgewisseld, per processtap in het project (data-verzameling, -detectie, -analyse en – verwerking).

De hoeveelheid data die wordt verzameld en verwerkt in het project was enorm. Wij hebben dat vooraf wel onderkend maar toch onderschat. Het verzamelen van bestanden uit verschillende bronnen en uitwisseling ervan via diverse kanalen; rechtstreeks downloaden uit systemen, via E-mail en Wettransfer, was arbeidsintensief en het versiebeheer lastig. Ook de afstemming met lopende infraprojecten was moeilijk.

Er zijn verschillende detectietechnieken ingezet, zowel grondradar als radiodetectie. Grondradar blijkt minder bruikbaar in kleihoudende ondergrond met een hoge grondwaterstand. Bij vorst en sneeuw is meten ook niet goed mogelijk. In overige situaties is grondradar goed bruikbaar. De aanvulling van radiodetectie is waardevol.

Het is mogelijk op het scherm van het radarapparaat informatie van kabels en leidingen beschikbaar te krijgen, zodat buiten een eerste analyse kan worden uitgevoerd. Door koppeling met GPS wordt het verschil tussen meting en oude informatie direct zichtbaar. De rest van de analyse gebeurt vervolgens op kantoor.

We hebben het project gestructureerd in kleine stappen en gefaseerd uitgevoerd. We hebben hierdoor steeds de grootst mogelijke vervolgstap kunnen nemen, op basis van een actuele inzicht in de mogelijkheden en onmogelijkheden van grondradar. Hiermee is het vertrouwen in het bereiken van het gewenste eindresultaat behouden gebleven. We hebben de interne klant

in het hele proces kunnen meenemen en betrekken in de afnamecontroles. We hebben op deze wijze gezamenlijk de resultaten kunnen halen die we voor ogen hadden.

De belangrijkste lessen ten aanzien van de aanpak en behaalde resultaten zijn:

- Het is mogelijk om op een kosteneffectieve manier kabels en leidingtracés te detecteren met grondradar
- Identificatie van afzonderlijke kabels in een kabelbundel is niet mogelijk
- Kennis van de netwerklogica is onontbeerlijk voor juiste interpretatie van radargrammen.
- Een combinatie van detectietechnieken, aangevuld met het graven van proefsleuven is noodzakelijk om afwijkende situaties te kunnen verklaren.
- De hoeveelheid data maakt het noodzakelijk een dataplatform te creëren waarop data tussen diverse partijen kan worden uitgewisseld.

## **5 Wordt vervolgd ....**

### **5.1 Project**

Op basis van behaalde resultaten in de 5 uitgevoerde deelopdrachten is besloten het project een vervolg te geven. In de komende 2 jaar zal nog eens een gebied van ongeveer 20% van het totale spoorwegnet worden onderzocht. Het totaal komt daarmee op ca 50%. De lessen die we hebben geleerd in de afgelopen jaren zullen we daarin mee nemen. Omdat we de bestaande eisenspecificatie hanteren en de samenwerking met dezelfde partijen voortzetten, zal de projectaanpak niet wezenlijk veranderen. Er zijn tijdens de evaluatie wel beelden uitgewisseld hoe de inzet van detectietechnieken er in de toekomst uit zou kunnen zien. Te denken valt aan slimmere detectie door integratie met andere technieken zoals warmtetraling, röntgen en het versnellen van de meting door inzet van meettreinen of drones. Het is maar de vraag of de techniek zich op korte termijn zo revolutionair zal ontwikkelen. Ik verwacht wel dat we in staat zijn om de data-uitwisseling te verbeteren zodat real-time informatie beschikbaar komt.

### **5.2 Informatie / configuratiebeheer**

De oorzaken voor de afwijkingen tussen de situatie ‘binnen’ en ‘buiten’ vragen, naast een project om de informatie op orde te krijgen, ook om maatregelen om de informatie op orde te houden. Anders blijven we immers dweilen met de kraan open of eigenlijk met meerdere kranen open. De kranen waar we aan zullen moeten draaien zijn volgens mij:

- Proces; er zijn bindende afspraken nodig tussen project- en beheerorganisatie die vervolgens ook worden nagekomen, om er voor te zorgen dat alle wijzigingen worden opgeleverd door projecten.
- Datakwaliteit, heldere kwaliteitseisen aan de op te leveren informatie die eenvoudig aantoonbaar zijn met digitale controles.
- Digitale data; digitaal ingemeten tracés zorgen voor de mogelijkheid om eenvoudig data te combineren in een geografische omgeving.
- Actualiteit; als we het proces versnellen wordt elk ontwerp gebaseerd op de daadwerkelijke situatie buiten.

Hoe we dit gaan bereiken, zal de nieuwe zoektocht zijn.



### **5.3 Bibliografie**

Centrum Ondergronds Bouwen. (2010). *Innovatieve opsporingstechnieken ondergrondse Infrastructuur*. Delft.