

# **Arborisico's in ondergrondse bouwwerken**

**Onderzoek in opdracht van het ministerie van  
Sociale Zaken en Werkgelegenheid,  
verricht door TNO  
november 2003**

# Colofon

## ***Titel***

Arborisico's in ondergrondse bouwwerken

## ***Projectnummer***

TNO 006.22199

## ***Projectmanager***

Dr.Ir. A.J. Bigaj-van Vliet

## ***Kwaliteitsborger***

Prof.Ir. A.C.W.M. Vrouwenvelder

## ***Auteurs***

Dr.Ir. A.J. Bigaj-van Vliet

Mr. J.H. Kwantes

Ir. N. Maas

Ing. J. Timmerman

Ir. J.K.J. van der Vorm

Drs. A.L.J. Zwanikken

## **Samenvatting**

### **Samenvatting van het onderzoek “Arborisico’s in ondergrondse bouwwerken”**

#### ***Aanleiding en doel***

In opdracht van het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid heeft TNO onderzoek verricht naar de risico’s van arbeid tijdens bouw en gebruik van ondergrondse bouwwerken.

Aanleiding van dit onderzoek is de toenemende maatschappelijke relevantie van veiligheid op de werkvloer bij ondergronds bouwen en werken. De doelen van het onderzoek zijn het in kaart brengen van de risico’s, en na te gaan welk wettelijk kader voorhanden is voor ondergrondse arbeid. De volgende onderzoeksvragen worden in dit rapport beantwoord.

- Welke typen van ondergrondse bouwwerken kunnen worden onderscheiden?
- Welke werkzaamheden vinden plaats in deze bouwwerken in zowel de bouwfase als de gebruiksfase?
- Welke specifieke arborisico's lopen werknemers die ondergronds werken vergeleken met werknemers die gelijksoortig werk bovengronds uitvoeren?
- Welke maatregelen zijn er om de extra arbeidsrisico’s te voorkomen of te beperken?
- Welke (inter)nationale wet- en regelgeving heeft betrekking op de beheersing van genoemde risico’s?

Het onderzoek is gebaseerd op gegevens uit literatuur, documenten, internet en op informatie uit interviews met betrokkenen uit de bouwwereld, experts en

deskundigen op het gebied van arborisico's en vertegenwoordigers van diverse typen gebruiksfuncties.

### ***Ondergrondse bouwwerken***

Ondergrondse bouwwerken zijn constructies die geheel onder het maaiveld liggen en met grond zijn bedekt, of het deel van in-de-grondse constructies dat zich onder de grond bevindt. Deze bouwwerken kunnen voorkomen als:

- Tunnels en infrastructurele voorzieningen voor transport van goederen en mensen,
- Kelderconstructies voor het huisvesten van functies voor werken, vrijetijdsbesteding en opslag.

Bij ondergrondse bouwwerken onderscheiden we fasen in de levenscyclus. In alle fasen worden keuzen gemaakt die de arbeidsomstandigheden beïnvloeden. In de bouw- en gebruiksfase vinden werkzaamheden in het ondergrondse bouwwerk plaats en treden arborisico's op.

In de bouwfase zijn zowel in het algemeen als voor de drie representatieve en meest relevante bouwmethoden risico's geïdentificeerd. Die bouwmethoden zijn:

- Boren met vloeistofschild in combinatie met gesegmenteerde tunnelconstructie,
- Bergmännische methode in combinatie met bevriezing als hulptechniek bij ontgraving,
- Afgedekte bouwkuip met verhoogde luchtdruk.

In de gebruiksfase, waarbij ook onderhoud en reparatie worden bekeken, gaat het voornamelijk om de functies:

- Weg- en railtransport,
- Werken in industriële ruimtes, overige werkruimtes en ruimtes voor vrijetijdsbesteding,
- Opslag van gevaarlijke stoffen en overige opslag.

### ***Arbeidsomstandighedenraamwerk***

Een arborisico is een kans op een gevaar, aangeduid als een gebeurtenis met mogelijk ongewenste gevolgen in omstandigheden waaronder arbeid wordt verricht, vermenigvuldigd met de omvang van de gevolgen, gemeten in schade, verliezen of nadelige invloeden. Dus: risico = kans \* effect. Omstandigheden worden bepaald door de externe omgeving, de ondergrondse situatie of het type werkzaamheden.

Dit rapport geeft een kwalitatieve beschouwing van risico's, aangegeven met gevaren en gevolgen. Als een arborisico optreedt kunnen kans- of effectbeperkende maatregelen genomen worden. Deze maatregelen kunnen verplicht zijn in een wettelijk kader.

Voor de inventarisatie van risico's is de checklistmethode gebruikt, waarbij de gangbare risico-indeling is uitgebreid met enkele specifiek ondergrondse aspecten. Voor het in kaart brengen van wetgeving en maatregelen is gebruik gemaakt van literatuur, bedrijfsdocumentatie, internet en interviews.

### ***Risico's***

We onderscheiden de volgende gevaren die specifiek zijn voor ondergrondse arbeid in zowel de bouw- als gebruiksfase, geclusterd naar risicofactoren.

Risicofactoren	Gevaren door of voor
<b>Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• onverwachte bodemgesteldheid (slappe grond, waterlopen enz.)</li> <li>• aanwezigheid vervuilde grond, gassen en dampen in de bodem</li> <li>• aanwezigheid onverwachte obstakels in de bodem (kabels, leidingen enz)</li> <li>• aanwezigheid explosieven in de bodem</li> <li>• belendingen en aanwezig publiek</li> </ul>
<b>Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verblijf in beperkte fysieke ruimtes</li> <li>• beperkt of ontbrekend daglicht en uitzicht</li> <li>• ontbreken of uitvallen van kunstverlichting</li> <li>• onvoldoende luchtkwaliteit</li> <li>• effectverhoging van geluid en trillingen door besloten ruimte en resonantie</li> <li>• drukgolf vanwege passerend verkeer</li> <li>• oplopende omgevingstemperatuur</li> <li>• duikarbeid en werken onder overdruk</li> <li>• beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening</li> </ul>
<b>Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes</li> <li>• aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes</li> <li>• aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimtes</li> <li>• aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen</li> </ul>
<b>Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal</li> <li>• installaties en machines tijdens gebruik en bij uitvallen</li> <li>• beschadigen/afsnijden aanvoerlijnen</li> <li>• montage zware elementen in besloten ruimtes</li> <li>• instorting constructie</li> <li>• instroom van water</li> </ul>
<b>Organisatorische en (inter-) menselijke aspecten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• werken in grote en complexe organisaties</li> <li>• taal- en cultuurverschillen</li> <li>• onvoldoende communicatie</li> <li>• uitvoeren van technisch complexe, nieuwe en innoverende technieken en projecten</li> <li>• hoge moeilijkheidsgraad arbeid</li> <li>• hoge werkdruk</li> <li>• lange werktijden</li> </ul>
<b>Psychische aspecten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beleving verblijf in besloten ondergrondse ruimtes</li> <li>• agressie door schuilende derden</li> <li>• suboptimaal vluchtgedrag bij verblijf in besloten ondergrondse ruimtes</li> </ul>

De gevolgen van deze risico's kunnen van invloed zijn op personen en op materiaal en variëren van niet welbevinden, psychische klachten, persoonlijk letsel, gewonden en doden tot instorting, bezwijking, overstroming, brand, beschadiging. Een gevaar kan indien dit leidt tot een ongeval ook andere gevaren en een "tweede ongeval" veroorzaken.

### **Wetgeving**

Voor de inventarisatie van de wetgeving is gebruik gemaakt van wetgeving die in Nederland geldt, de regelgeving uit Oostenrijk en Amerika en wetgeving op supranationaal niveau (Europese Unie en International Labour Organisation).

Uit Nederland zijn algemeen verbindende voorschriften, zoals de Arbowet, de Woningwet, het Arbobesluit en Bouwbesluit 2003, en de Arboregeling opgenomen. De Arbowetgeving is ook van toepassing op het werken in of onder de grond. Dit vloeit voort uit artikel 1 van de Arbowet, waarin wordt vastgesteld dat iedere werkgever-werknemer relatie valt onder het regime van de Arbowet. Andere voorschriften uit bijvoorbeeld de Wet Milieubeheer en de Wet op de Ruimtelijke Ordening staan relatief ver af van de genoemde arborisico's. Ook de Tunnelwet Westerschelde bevat geen relevante voorschriften.

In de Nederlandse regelgeving zijn EU-richtlijnen op het gebied van arbozaken opgenomen. Ook een set richtlijnen die betrekking heeft op mijnbouw door middel van boringen en dagbouw is in de Nederlandse regelgeving opgenomen. De ontwerp-richtlijn inzake minimale veiligheidseisen voor tunnels in het Trans-Europese wegennet bevat een aantal onderdelen, en hanteert een systematiek die model kan staan voor een integrale aanpak voor de veiligheid van werknemers in tunnels en andere complexe ondergrondse bouwwerken in het algemeen.

### **Maatregelen**

Maatregelen moeten het optreden van gevaren voorkomen of de gevolgen van gevaren beperken. Een maatregel kan voor verschillende risico's geschikt zijn en

per risico zijn meer maatregelen beschikbaar. Indien nodig, kan een combinatie van maatregelen worden ingezet. Literatuur, bedrijfs- en projektafhankelijke werkdocumenten en interviews met experts, arbodeskundigen, vertegenwoordigers van belangengroeperingen en gebruikersgroepen zijn gebruikt om praktijkmaatregelen te inventariseren.

### ***Arborisico-infobladen***

In deze rapportage is in hoofdstuk 9 een serie infobladen opgenomen waarbij voor elk ondergronds arborisico is aangegeven waar het risico optreedt, wat de mogelijke gevolgen zijn, welke wetgeving van toepassing is en welke maatregelen deze risico's kunnen ondervangen. Deze arborisico-infobladen laten zich niet inhoudelijk samenvatten.

### ***Conclusies***

#### ***Arborisico's ondergrondse bouwwerken***

- Ondergronds bouwen en werken kent ten opzichte van bovengrondse arbeid bijzondere en hogere arborisico's. Deze risico's onderscheiden zich in het algemeen van die bij bovengronds bouwen en werken door een aantal specifieke eigenschappen. Het betreft met name extra gevaren van: meervoudig ruimtegebruik (arbeid en publieke functies) in tijd en plaats; werkplekken in beperkte en afgegrensde ruimtes met beperkt daglicht, uitzicht en ventilatie; lange vluchtroutes en aanvalsroutes voor hulpverleners bij calamiteiten; toepassing van bijzondere arbeidsmiddelen; instroom van water. Deze factoren versterken bovendien de gevolgen van ongevallen in ondergrondse situatie.
- De inventarisatie van arborisico's bij de realisatie en het gebruik van ondergrondse bouwwerken levert een palet van specifieke ondergrondse risico's op. Het varieert tussen grootschalige calamiteiten zoals door brand of instorting, de risico's door het geheel of gedeeltelijk ontbreken van daglicht en de psychische beleving van het verblijf ondergronds.



- De benoemde risico's hebben vooral betrekking op:
  - Externe bedreigingen voor of door de omgeving: bodemgesteldheid, vervuilde grond, obstakels in de bodem en belendingen;
  - Arbeid in werkruimten van beperkte omvang, met beperkt of ontbrekend daglicht met al dan niet de aanwezigheid van voldoende kunstverlichting;
  - Inzet van transport- en arbeidsmiddelen in typische ondergrondse omstandigheden;
  - Extra risico's door conflicterende activiteiten bij meervoudig ruimtegebruik (werkzaamheden met behoud van publieke functies op eenzelfde plaats met als gevolg daarvan verplaatsing van arbeid naar ongunstige tijdstippen);
  - Risico's van arbeidshygiënische aard met een effectverhoging en versnelling door het plaatsvinden van incidenten in besloten ruimten met een beperkte omvang;
  - Beperkte vluchtmogelijkheden, beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening en een andere beleving van calamiteiten (brand, explosie, overstroming);
  - Risico's door of vanwege het werken in omvangrijke, complexe, organisaties, met vergrote kans op onduidelijke verantwoordelijkheidsverdeling en communicatie;
  - Het uitvoeren van werken met een grote technologische en organisatorische moeilijkheidsgraad;
  - Psychologische risico's (beleving ondergronds).

### ***Wetgeving***

- De Arbowetgeving is van toepassing op het werken in of onder de grond (in artikel 1 van de Arbowet wordt vastgesteld dat iedere werkgever-werknemer relatie valt onder het regime van de Arbowet). Voor ondergrondse bouwwerken is ook de Woningwet/Bouwbesluit van toepassing.

- De voorschriften van de Arbowet zijn gericht op arbeidsomstandigheden in zijn algemeenheid en, uitgezonderd duik- en caissonwerkzaamheden, niet verbijzonderd naar de typische risico's van ondergrondse bouwwerken. Ook andere beschikbare wetgevingsregimes in Nederland zijn meestal niet verbijzonderd naar arbeid in ondergrondse bouwwerken. In de bestudeerde wetgeving van andere landen (VS en Oostenrijk) wordt verbijzondering naar arbeid in ondergrondse bouwwerken wel aangetroffen.
- Uit het inventariserende onderzoek blijkt dat in Nederland voor alle onderscheiden arborisico's minstens generieke wetgeving van toepassing is.
  - Voor specifieke ondergrondse arbeid, zoals duikwerkzaamheden en werken onder overdruk blijkt meer gedetailleerde wetgeving te gelden dan voor andere aspecten van ondergronds werken;
  - Voor transport- en logistieke werkzaamheden is een algemeen wettelijk kader aanwezig;
  - Arborisico's die te maken hebben met psychische aspecten worden maar gedeeltelijk gedekt door wetgeving. Tegen het gevaar voor agressie door schuilende derden en onbevoegden en tegen gevaar door suboptimaal vluchtgedrag is algemene wetgeving beschikbaar;
  - Arborisico's als gevolg van onvoldoende communicatie (bijvoorbeeld door het ontbreken van antennes van mobiele communicatienetwerken onder de grond) kent geen expliciete wetgeving. Aandacht voor communicatie(middelen) bij arbeid ondergronds is gevonden bij regels voor caissonarbeid maar niet in de overige arboregelgeving.
- VS, Oostenrijk en inmiddels ook de ontwerp EU richtlijn tunnelveiligheid blijken meer dan in Nederland exacte grenzen van veiligheid aan te geven (zowel technisch als organisatorisch) die specifiek zijn gericht op ondergrondse ruimten en de arbeid daarin. Een gelijksoortige detaillering van veiligheidsvoorzieningen en eisen is in Nederland aangetroffen bijvoorbeeld in

de vereisten BRZO en de vereisten voor het winnen van delfstoffen (mijnwerkzaamheden).

- Anders dan Nederland kennen de onderzochte landen (VS en Oostenrijk) een specifiek wettelijk kader voor risico's door bodem- en omgevingsaspecten. Voor de realisatie van ondergrondse bouwwerken is in Nederland dat specifiek wettelijk kader niet aanwezig.
- De recentelijk in Nederland in het Arbobesluit en de Arboregeling opgenomen voorschriften inzake de winningindustrie hebben formeel juridisch geen betrekking op ondergronds bouwen. De structuur en inhoud van deze regelgeving is wel passend bij arbeid in ondergrondse bouwwerken in algemene zin.

### ***Maatregelen***

- Bijna alle praktijkmaatregelen zijn terug te voeren op of het rechtstreekse gevolg van bestaande arbo- of bouwregelgeving, zij het in meerdere gevallen algemene of doelvoorschriften. Zowel proactieve, preventieve als repressieve maatregelen zijn geïnterpreteerd.
- Bronbeleid is bij het terugdringen en beheersen van risico's in Nederland een van de uitgangspunten. Reeds in de ontwerpfase van een ondergronds bouwwerk worden, na afweging van alternatieven, keuzen gemaakt ten aanzien van constructie, inrichting en uitrusting van een bouwwerk. De resultaten van die keuzes vormen de context waarbinnen maatregelen ter beheersing van arborisico's kunnen worden getroffen, zowel tijdens de bouw als later tijdens de gebruiksfase, bij inspectie en onderhoud.
- De maatregelen in het bronbeleid zijn dus maatregelen in pro-actieve sfeer. Tot pro-actie behoort niet alleen het maken van beleidskeuzes en de eliminatie van gevaren aan de bron, maar ook de maatregelen die gericht zijn op het voorkomen en bestrijden van gevaren in noodsituaties.

- Er bestaat een uitgebreide reeks van organisatorische - veelal preventieve - maatregelen ten behoeve van beheerste arbeidsomstandigheden. Deze zijn gebaseerd op de interpretatie van goede praktijken en wettelijke vereisten. Voor ondergrondse bouwwerken ontbreekt echter een eenduidig kader in termen van benodigde analyses, opzet en structuur van beheersmaatregelen, minimum veiligheidsniveaus, het volgen van de veiligheidsketen voor zowel de bouw als gebruiksfase, etc.
- De bestrijding van ongevallen en calamiteiten vraagt een bijzondere aanpak. Bijvoorbeeld de brandveiligheid of de eisen ten aanzien van openbare hulpverlening en bedrijfshulpverlening ondergronds zijn complexer dan die voor bovengrondse gebouwen. Bijzonder is de benodigde aandacht voor bestrijding van het gevaar aan de bron (pro actie en preventie).
- Het belang van het hebben van een robuust en `state of the art` arbo- of veiligheidsmanagementsysteem in relatie met het werken in omvangrijke, complexe, internationale organisaties is door meerdere bronnen aangegeven. Belangrijke genoemde onderdelen zijn onder meer de verantwoordelijkheidsverdeling en communicatie.
- Arborisico's die tot de organisatorische en intermenselijke gevaren behoren kennen voornamelijk maatregelen in organisatorische sfeer, en zijn zowel kans- als effectbeperkend.
- Arbeidsveiligheid blijkt, gegeven de geïnventariseerde maatregelen in de gebruiksfase, te profiteren van de aandacht voor publieks- of verkeersveiligheid in de ontwerpfase, maar blijft in de desbetreffende analyses en regelgeving onderbelicht. Een integrale benadering van deze veiligheidsaspecten is wenselijk, zodat ook voor arbeidsveiligheid in de bouw en bij gebruik in de integrale veiligheidsbenadering wordt meegenomen.

## **Summary**

### **Summary of the study “Risks related to labour conditions in underground structures” (July 2003)**

#### ***Motivation and Objectives***

Commissioned by the Ministry of Social Affairs and Employment, TNO has conducted a study of the risks related to labour conditions during the construction and the use of underground structures.

The incentive for this study is the increasing social importance and relevance of labour safety, which is caused by diverse factors. The objective of the study is to identify the risks in labour conditions in underground structures and to ascertain whether adequate legal regulations are available with regard to safety at work in underground structures. The following questions are addressed in this report:

- Which type of underground structures can be identified?
- Which activities take place in these structures during both the construction stage and the service stage?
- Which specific risks in labour conditions do the employees that work underground run in comparison to employees that undertake similar work above the ground?
- Which measures aim to limit or prevent the risks in labour conditions, that are specific for underground work?
- Which (inter)national laws, regulations and instructions refer to the management of the aforementioned risks?

The study was based on data from literature, documents, the internet, data and information provided by interviewed respondents from the construction industry;

experts and specialists in the field of labour conditions' risks and risk regulation and representatives of diverse types of use functions.

### ***Underground structures***

Underground structures are either structures that are situated completely below ground level and are covered with the ground, or, are the parts of the 'in-the-ground' structure that are located below ground level. These structures can be subdivided in two categories:

- Tunnels and infrastructure facilities for transportation of goods and people
- Basements and cellars providing accommodation for businesses, leisure activities and storage.

In general, and for the three most representative and relevant building techniques, risks during the construction phase and the finishing works have been identified.

These building techniques are:

- Slurry shield tunnelling technique in combination with segmented tunnel lining,
- Excavation technique in combination with ground freezing,
- Wall-roof construction method with elevated air pressure.

In the service stage, which also includes maintenance activities and repair works, risks are concerned primarily with the following functions:

- Road and railroad transportation; ,
- Labour in industrial areas, general purpose areas and areas for leisure activities,
- Storage of hazardous goods and other general storage.

### ***Labour conditions framework***

A risk in labour conditions is defined as the chance that danger occurs (i.e. an event with possibly undesired consequences for labour conditions) multiplied by the

magnitude of the consequences, measured in damage, losses or negative influences. Conditions are determined by the external influences, the underground situation or the type of activities.

This report presents a qualitative survey of risks, with respect to hazards and consequences. In the event of the occurrence of risk, measures can be taken to limit the likelihood or consequences of such an occurrence. These measures can be laid down in a legal framework.

In order to compile an inventory of the risks in labour conditions in underground structures the check list method has been used, in which the commonly used risk classification has been extended with single aspects specific for the underground labour. In order to map out the legislation and measures use is made of data from literature, the internet and interviews.

### ***Risks***

Risks in labour conditions in underground structures during both the construction and operational stage have been identified and systematised.

The consequences of these risks can have an effect on people and goods, and can include poor health, psychological complains, injury to persons, death, structural damage, collapse, flooding and fire.

### ***Legislation***

For the survey of legislation, use was made of the legal documents that are in force in the Netherlands, Austria and United States as well as the regulations at supranational level (European Union and International Labour Organisation).

With regard to the Netherlands, the general mandatory regulations are considered. These are the ‘Arbowet’ (Labour Conditions Act), ‘Woningwet’ (Housing Act), ‘Arbobesluit’ (Labour Decree), ‘Bouwbesluit’ 2003 (Building Decree 2003) and ‘Arboregeling’ (Ministerial Order for Labour Conditions). The ‘Arbowet’ is also applicable to ‘in-the-ground’ or underground workers. This follows from Article 1

of the ‘Arbowet’, where it is stated that every employer-to-employee relation is subjected to this law. Regulations arising from ‘Wet Milieubeheer’ and ‘Wet op de Ruimtelijke Ordening’ are relatively unimportant for the identified risks. The ‘Tunnelwet Westerschelde’ also contains no relevant regulations.

The Dutch regulations include the parts of the European framework directives that are relevant to labour conditions. Furthermore, a set of directives concerning mining by means of drilling or opencast mining is included in the Dutch regulations. The design directives contain a number of relevant parts with respect to the minimum safety requirements for tunnels in trans-European road networks, and employ a system that can serve as a model for an integral approach to employee safety in tunnels and other complex underground structures.

### ***Measures***

Measures should prevent the occurrence of danger or limit the consequences of danger. A single measure can be suitable for the control of several risks, and more than one measure is usually available for a single risk. If needed, a combination of measures can be implemented. Data from literature, company and project documentation and interviews has been used to survey the measures from the practice.

### ***Risks in labour conditions – info pages***

In this report in chapter 9 a series of info pages is included, where for all identified risks in labour conditions information is given with regard to conditions of risk’s occurrence, possible consequences of risk’s occurrence, relevant legislation and measures implemented in practice. These info pages can not be summarised in short.



## **Conclusions**

### ***Risks in labour conditions in underground structures***

- Underground building and labour are related to particular and higher risks in labour conditions than those associated with work taking place above ground. In general, the risks in labour conditions underground differ from those related to work taking place above ground. These differences concern in particular the dangers of multiple use of space in time and place; working places in narrow spaces with limited daylight and ventilation; long escape routes and advance routes for providing aid during calamities; use of special tools and equipment; in-flow of water. Besides, these factors intensify the consequences of accidents in underground situations.
- The survey of risks in labour conditions associated with building and use of underground structures results in a array of specific underground risks in labour conditions. They vary between large scale calamities such as fire or collapse, the risks due to limited availability of daylight or psychological experiencing of staying underground.

### ***Legislation***

- The ‘Arbowet’ (Labour Conditions Act) is applicable to work that takes place underground. Woningwet and Bouwbesluit are also applicable to underground structures.
- The ‘Arbowet’ is aimed at labour conditions in general and, except for working under elevated air pressure or diving, not specific to work that takes place in underground structures. Also other legislation available in the Netherlands is mostly not specific to work that takes place in underground structures. In countries such as Austria and USA specific legislation for labour in underground structures is found.

- Whether or not generic, in the Netherlands legislation is present for all of the identified risks in labour conditions.
  - For a number of specific activities, such as working under elevated air pressure or diving, detailed legislation exists.
  - For transportation and logistics a general legal framework is given.
  - Risks in labour conditions related to psychological aspects are only partly covered by the legislation. General legislation is available with respect to aggression by way of hidden third parties and unauthorized persons and with respect to sub-optimal escape behaviour.
  - The danger due to ineffective communication (e.g. due to missing aerial systems for mobile communication networks) is also not covered by the legislation. The consulted sources identify one measure to deal with this danger. The attention for communication (means) in working underground is found only in legislation with regard to caisson work but not in the other labour conditions legislation.
- In the USA, Austria and meanwhile also the European design framework directive for tunnel safety more specific safety limits are given that are aimed at underground structures and underground labour. Similar detailing of safety facilities and requirements is found in the Netherlands for instance in the requirements of BRZO of the requirements for the mining of minerals (mining works)
- In contrast to the Netherlands, it appears that countries such as USA and Austria define more precise boundaries for safety, also specifically for underground structures.
- The recent inclusions in the ‘Arbobesluit’ and ‘Arboregeling’ regulations concerning the mining industry have no formal legal applicability to underground structures. However, the structure and the content of this legislation is well fit for working in underground in general.

## *Measures*

- Nearly all measures implemented in practice can be related to or are a direct result of existing legislation. In number of cases it concerns general or target legislation. Pro-active, preventive as well as repressive measures have been found in practice.
- Already in the design stage, measures can be taken in order to prevent or to limit the risks, which in later stages permit effective and efficient control of the labour conditions. In the main, these measures have a pro-active character. This pro-active character is manifested not only in making strategic choices and eliminating dangers at the origin but also in introducing measures for preventing and suppressing dangers in emergency situations.
- Numerous organizational measures exist to control labour conditions. These preventive measures (e.g. preparation of health and safety protection strategies for building activities) are based on the interpretation of good practice and legal requisites. However, there is a lack of a distinct framework in terms of the required analysis, set-up and structure for controlling measures, minimum safety levels, following the safety chains applicable to construction stage and the service stage, ect.
- With respect to containment of accidents and calamities, a particular approach is required. For instance the fire safety requirements, as well as the requirements with respect to public and business aid, are more complicated than the requirements for structures above the ground. In this case more emphasis on fighting the danger at its origin is required (pro-action and prevention).
- A number of sources mentioned the importance of a robust and `state of the art` labour conditions` and safety management system, in relation to the labour in huge, complex and international organisations. Important elements

mentioned in this respect are the division of responsibilities and the communication.

- Risks in labour conditions with regard to organizational and interpersonal dangers are mainly dealt with by both chance and effect limiting measures with an organizational character.
- Safety measures that are concerned with labour conditions have a synergy of the measures tackling social safety, public safety and road safety. Safety at work during the service stage benefits from the attention given in the design stage to public safety and road safety, which is however often under exploited

## Voorwoord

Vanuit ruimte- of milieuoverwegingen wordt steeds meer ondergronds gebouwd. Nu het typisch Nederlandse probleem van een ‘slappe bodem’ geen belemmering meer vormt, is het ondergronds bouwen een reëel alternatief geworden. Dit betekent dat ook arbeid onder de grond zal plaatsvinden, zowel bij het bouwen in de ondergrond als bij het gebruik van ondergrondse bouwwerken. Het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft aan TNO gevraagd na te gaan welke extra arborisico’s er optreden bij werken in de ondergrond door te inventariseren:

- Welke arborisico’s er aanwezig zijn in de bouwfase bij bouwwerkzaamheden van ondergrondse bouwwerken.
- Welke arborisico’s er aanwezig zijn in de gebruiksfase bij uitoefening van functies in ondergrondse ruimten.
- Welke wetgeving er in Nederland bestaat met betrekking tot deze risico’s in de bouw- en gebruiksfase.
- Welke wetgeving er in enkele landen en de EU bestaat.
- Welke maatregelen er bestaan ter voorkoming, vermindering of beheersing van risico’s.

TNO heeft het onderzoek uitgevoerd in 5 stappen:

- Analyse van arbeid tijdens bouw en gebruik van ondergrondse bouwwerken die risico’s met zich meebrengen voor werknemers;
- Opstellen van methodiek hoe arborisico’s te inventariseren;
- Inventarisatie van risico’s;
- Inventarisatie van wetgeving;
- Inventarisatie van maatregelen.

De resultaten van deze fasen zijn voorgelegd en besproken met een klankbordgroep. De onderzoekers zijn de leden van de klankbordgroep erkentelijk

voor hun waardevolle en kritische bijdrage. Ook de begeleiders vanuit het ministerie van SZW hebben bijgedragen aan de totstandkoming van de rapportage, waarvoor eveneens dank.

Dit rapport geeft de resultaten van het onderzoek weer en verschaft het Ministerie van SZW een beeld van arborisico's in ondergrondse bouwwerken, daarbij horende maatregelen en wetgeving.

## Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b> .....	<b>i</b>
<b>Summary</b> .....	<b>xi</b>
<b>Voorwoord</b> .....	<b>xix</b>
<b>Inhoudsopgave</b> .....	<b>xxi</b>
<b>Overzicht tabellen</b> .....	<b>xxiv</b>
<b>Overzicht figuren</b> .....	<b>xxvi</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>1</b>
1.1 Aanleiding .....	1
1.2 Doel .....	2
1.3 Afbakening .....	3
1.4 Leeswijzer .....	4
<b>2 Begripsbepaling</b> .....	<b>5</b>
2.1 Ondergrondse bouwwerken .....	5
2.2 Arborisico .....	6
<b>3 Arbeidsomstandighedenraamwerk</b> .....	<b>7</b>
3.1 Levenscyclus bouwwerken .....	7
3.2 Analysemodel .....	10
3.3 Inventarisatie arborisico's .....	14
3.4 Structuur inventarisatie praktijkmaatregelen en wettelijke voorschriften	18
<b>4 Arborisico's in ondergrondse bouwwerken</b> .....	<b>21</b>
4.1 Arborisico's in de bouwfase .....	22
4.1.1 Algemene arborisico's in bouwfase .....	23
4.1.2 Specifieke arborisico's in ruwbouwfase .....	26
4.1.3 Specifieke arborisico's in afbouwfase .....	30

<b>5</b>	<b>Arborisico's in de gebruiksfase.....</b>	<b>33</b>
5.1	Arbeidsprocessen tijdens gebruiksfase .....	33
5.1.1	<i>Algemene arborisico's in de gebruiksfase</i> .....	34
5.1.2	<i>Specifieke arborisico's in de gebruiksfase</i> .....	36
<b>6</b>	<b>Arborisico's ondergrondse bouwwerken.....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Bronnen van voorschriften .....</b>	<b>43</b>
7.1.1	<i>Nederlandse wetgeving</i> .....	43
7.1.2	<i>Buitenlandse wetgeving</i> .....	45
7.1.3	<i>International Labour Organization</i> .....	46
7.1.4	<i>EU-richtlijnen</i> .....	48
<b>8</b>	<b>Bronnen van maatregelen .....</b>	<b>53</b>
8.1.1	<i>Literatuur</i> .....	53
8.1.2	<i>Bedrijfs- en projectafhankelijke werkdocumenten</i> .....	54
8.1.3	<i>Interviews</i> .....	55
<b>9</b>	<b>Inventarisatie wetgeving en maatregelen.....</b>	<b>57</b>
9.1	Structuur arborisico bladen .....	57
9.2	Arborisico-infobladen .....	61
9.3	Synthese wetgeving en maatregelen .....	111
<b>10</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>114</b>
10.1	Onderzoeksvragen 1 en 2: Bouwwerken en arbeidsprocessen.....	114
10.2	Onderzoeksvraag 3: Risico's van arbeidsomstandigheden .....	115
10.3	Onderzoeksvraag 4: Wetgeving .....	118
10.4	Onderzoeksvraag 5: Maatregelen.....	120
	<b>Literatuur.....</b>	<b>125</b>
	<b>Begrippen en afkortingen .....</b>	<b>129</b>



<b>Bijlage I</b>	<b>Leden Klankbordgroep en Begeleidingsgroep</b>	<b>131</b>
<b>Bijlage II</b>	<b>Onderzoeksverantwoording</b>	<b>133</b>
II.1	Fase A: Functie en procesanalyse van ondergrondse bouwwerken	134
II.2	Fase B: Arbeidsomstandighedenraamwerk en risico-inventarisatie ondergrondse bouwwerken	134
II.3	Fase C: Wet- en regelgeving	135
II.4	Fase D: Risico-inventarisatie en –analyse	137
II.4.1	<i>Interviews</i>	137
II.4.2	<i>Interviewprotocol bouwfase (protocol A)</i>	139
II.4.3	<i>Interviewprotocol gebruiksfase (protocol B)</i>	141
<b>Bijlage III</b>	<b>Gebruik ondergrond</b>	<b>143</b>
III.1	Ontwikkelingen gebruik van de ondergrond	143
III.2	Ondergronds bouwen in Nederland	144
III.3	Toekomstige ontwikkelingen in Nederland	146
<b>Bijlage IV</b>	<b>Verantwoording keuze bouwmethodes</b>	<b>149</b>
IV.1	Gebruik ruwbouwmethodes in Nederland	149
IV.2	Keuze ruwbouwmethodes	151
<b>Bijlage V</b>	<b>Diverse checklists</b>	<b>157</b>
V.1	Arbo Informatie blad 1, aandachtspunten bij de RI&E	157
V.2	Checklist identificatie van gevaren van machines EN 1050	158
V.3	Checklist OHSAS 18001 eisen	162
<b>Bijlage VI</b>	<b>Bronnen voor arborisico infobladen in hoofdstuk 9</b>	<b>163</b>

## Overzicht tabellen

Tabel 2.1	Definitie arborisico .....	6
Tabel 4.1	Algemene arborisico's bij ondergronds bouwen tijdens bouwfase .....	23
Tabel 4.2	Specifieke arborisico's bij een drietal bouwmethodes .....	28
Tabel 4.3	Specifieke arborisico's bij afbouw .....	31
Tabel 5.1	Algemene arborisico's van ondergrondse bouwwerken in de gebruiksfase .....	34
Tabel 5.2	Specifieke arborisico's bij ondergronds transport, werken en vrijetijdsbesteding, en opslag.....	38
Tabel 6.1	Overzicht gevaren in ondergrondse bouwwerken .....	41
Tabel 7.1	Typen voorzieningen in tunnels volgens de Europese tunnelrichtlijn .....	50
Tabel 9.1	Infoblad A1: Gevaar door onverwachte bodemgesteldheid .....	61
Tabel 9.2	Infoblad A2: Gevaar door aanwezigheid vervuilde grond, gassen en dampen in de bodem.....	62
Tabel 9.3	Infoblad A3: Gevaar door aanwezigheid onverwachte obstakels in de bodem .....	64
Tabel 9.4	Infoblad A4: Gevaar door aanwezigheid explosieven in de bodem .....	66
Tabel 9.5	Infoblad A5: Gevaar door en/of voor belendingen en aanwezig publiek .....	67
Tabel 9.6	Infoblad B1: Gevaar door verblijf in beperkte fysieke ruimtes .....	68
Tabel 9.7	Infoblad B2: Beperkt of ontbrekend daglicht en uitzicht .....	70
Tabel 9.8	Infoblad B3: Ontbreken van voldoende of gevaar door uitvallen kunstverlichting .....	71
Tabel 9.9	Infoblad B4: Gevaar door onvoldoende luchtkwaliteit.....	73
Tabel 9.10	Infoblad B5: Gevaar door geluid en trillingen, effectverhoging door besloten ruimte en resonantie.....	75
Tabel 9.11	Infoblad B6: Gevaar door drukgolf door passerend verkeer .....	77
Tabel 9.12	Infoblad B7: Gevaar of hinder door oplopend omgevingstemperatuur .....	78
Tabel 9.13	Infoblad B8: Gevaar door duikarbeid en werken onder overdruk .....	79
Tabel 9.14	Infoblad B9: Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening .....	81
Tabel 9.15	Infoblad C1: Gevaar door aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes	85
Tabel 9.16	Infoblad C2: Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes .....	86
Tabel 9.17	Infoblad C3: Gevaar door aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimtes .....	88
Tabel 9.18	Infoblad C4: Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen.....	90
Tabel 9.19	Infoblad D1: Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal .....	93
Tabel 9.20	Infoblad D2: Gevaar ontwerp van installaties en machines tijdens gebruik en bij uitval .....	96
Tabel 9.21	Infoblad D3: Gevaar door beschadigen/afsnijden van aanvoerlijnen .....	97
Tabel 9.22	Infoblad D4: Gevaar door montage van zware elementen in besloten ruimtes .....	98
Tabel 9.23	Infoblad D5: Gevaar door instorting constructie.....	99
Tabel 9.24	Infoblad D6: Gevaar door instroom van water .....	100
Tabel 9.25	Infoblad E1: Gevaar door werken in grote en complexe organisaties .....	101
Tabel 9.26	Infoblad E2: Gevaar door taal –en cultuurverschillen .....	102

Tabel 9.27	Infoblad E3: Gevaar door onvoldoende communicatie .....	103
Tabel 9.28	Infoblad E4: Gevaar door uitvoeren van technisch complexe, nieuwe en innoverende technieken en projecten.....	104
Tabel 9.29	Infoblad E5: Gevaar door hoge moeilijkheidsgraad arbeid.....	105
Tabel 9.30	Infoblad E6: Gevaar door hoge werkdruk .....	106
Tabel 9.31	Infoblad E7: Gevaar door lange werktijden .....	107
Tabel 9.32	Infoblad F1: Beleving verblijf in besloten ondergrondse ruimtes .....	108
Tabel 9.33	Infoblad F2: Gevaar door agressie door schuilende derden.....	109
Tabel 9.34	Infoblad F3: Gevaar door suboptimaal vluchtgedrag bij verblijf in besloten ondergrondse ruimtes .....	110
Tabel II.1	Schematische weergave van aanpak.....	133
Tabel II.2	Experts betrokken bij het onderzoek.....	137
Tabel II.3	Interviewpartners inclusief ontwerp .....	138
Tabel IV.1	Overzicht tunnels in Nederland .....	154

## Overzicht figuren

Figuur 3.1	Schetsmatige illustratie van arborisico's in levenscyclus van een bouwwerk .....	8
Figuur 3.2	Model relatie arborisico's en maatregelen .....	10
Figuur 3.3	Relatie tussen organisatie, mensen en technologie .....	12
Figuur IV.1	Overzicht ruwbouwmethodes voor tunnelconstructies .....	150
Figuur IV.2	Overzicht ruwbouwmethodes voor kelderconstructies .....	150

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

In toenemende mate wordt er ondergronds gebouwd, en in de toekomst zullen ook steeds meer mensen ondergronds werken. Bijlage III gaat hier verder op in. Arbeidsomstandigheden bij het verrichten van arbeid onder de grond zijn, vergeleken met werken boven de grond, op een aantal aspecten ongunstig. De verwachting is dat tijdens het realiseren van ondergrondse bouwwerken, het verrichten van arbeid in deze bouwwerken, alsmede bij het verlenen van hulp in noodsituaties, bijzondere en specifieke risico's optreden voor de veiligheid en gezondheid van personen. De risico's van verkeersdeelnemers in tunnels of openbare hulpverleners worden daarbij buiten beschouwing gelaten.

Verskillende factoren geven aanleiding voor een toenemende maatschappelijke belangstelling voor arbeidsomstandigheden:

- Er is een toename zichtbaar van ondergrondse bouwwerken, vaak in combinatie met meervoudig ruimtegebruik.
- De combinatie van een slappe en waterrijke Nederlandse bodem met nieuwe bouwmethoden die een grotere onzekerheid kennen, maakt aandacht voor veiligheid noodzakelijk.
- De dreiging van terreur is actueel, zeker in relatie met de beleving van onveiligheid en het “imago” van ondergronds.
- Het in onvoldoende mate aanwezig zijn van daglicht en uitzicht of het ontbreken daarvan bij arbeid in het algemeen is een politiek issue.
- De wetgevingsstructuur, regelgeving en handhaving zijn de afgelopen jaren beïnvloed door onder andere EU-regelgeving en de marktwerking, deregulering en wetgevingskwaliteitsoperatie (MDW).
- Bij het realiseren van ondergrondse bouwwerken kunnen risico's ontstaan die specifiek zijn voor “ondergronds”, zoals moeilijke bereikbaarheid of

onbereikbaarheid van buitenaf in geval van nood, beperkte vluchtmogelijkheden etc.

Dit is aanleiding geweest voor het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) een onderzoek uit te laten voeren naar de arborisico's bij ondergronds bouwen en het werken in ondergrondse bouwwerken.

## **1.2 Doel**

Het doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de specifieke arborisico's die zijn verbonden aan het ondergronds bouwen respectievelijk het werken in ondergrondse gebouwen. Het resultaat van het onderzoek moet ook inzicht bieden in de mogelijke maatregelen (inclusief de al ingezette juridische instrumenten hier en elders) om deze risico's te ondervangen. Dit onderzoek geeft het Ministerie van SZW een volledig beeld van arborisico's in ondergrondse bouwwerken, daarbij horende maatregelen en wetgeving. Het is niet de bedoeling van dit onderzoek na te gaan of de regelgeving toereikend is om de geïnventariseerde risico's afdoende te beheersen.

Ten behoeve van dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Welke typen van ondergrondse bouwwerken kunnen worden onderscheiden?
2. Welke werkzaamheden vinden plaats in deze bouwwerken in zowel de bouwfase als de gebruiksfase?
3. Welke specifieke arborisico's lopen werknemers die ondergronds werken in vergelijking tot werknemers die gelijksoortig werk bovengronds uitvoeren?
4. Welke maatregelen zijn er om de extra arbeidsrisico's te voorkomen of te beperken?
5. Welke (inter)nationale wet- en regelgeving heeft betrekking op de beheersing van genoemde risico's?

### **1.3 Afbakening**

Het onderzoek richt zich primair op de arbeid in de reguliere bedrijfsprocessen in ondergronds bouwen en werken. Hierin zullen dus wel metrobestuurders worden meegenomen maar niet de verkeersdeelnemer als passant van een tunnel.

Veiligheidsrisico's voor het publiek in ondergrondse bouwwerken behoren niet tot dit onderzoek, zij voeren immers geen arbeid uit onder de grond. Uitzondering hierop zijn de risico's voor publiek die kunnen ontstaan door of vanwege ondergrondse arbeid (conform artikel 10 van de Arbwet).

Wanneer gesproken wordt over arborisico's van ondergrondse bouwwerken maken we een onderscheid tussen risico's van werkzaamheden tijdens de bouw (*bouwfase*) en risico's van werkzaamheden tijdens het gebruik en onderhoud van het ondergrondse gebouw (*gebruiksfase*). Dit rapport beschouwt arborisico's in beide fasen. Werkzaamheden tijdens de *sloopfase* worden in dit onderzoek niet beschouwd, gezien het ontbreken van verschillende praktijkvoorbeelden en het voornamelijk bovengrondse karakter van de mogelijke slooptechnieken. Daarnaast is voor analyse van de arborisico's in de *sloopfase* mogelijk een andere benadering van het onderzoek nodig.

Er zijn ook werkzaamheden en dus arborisico's bij *calamiteiten*. Deze kunnen zowel tijdens de bouw als tijdens het gebruik optreden. De moeilijkheid of onmogelijkheid van bereikbaarheid van ondergrondse ruimtes door nood- en hulpdiensten, vergroot de risico's voor werknemers. In het kader van dit onderzoek gaat het bij analyse van calamiteiten expliciet om de arbeidsomstandigheden van de reguliere arbeiders (in de bouw en gebruiksfase), de mogelijkheden om hen te redden inclusief hun beleving. Hoewel de risico's bij de werkzaamheden van openbare hulpverleningsdiensten tijdens calamiteiten groter kunnen zijn, vallen deze buiten de scope van dit onderzoek.

Gezien het onderzoekskader wordt alleen gekeken naar soort optredende arborisico's, zonder dat grootte van kansen en omvang van gevolgen expliciet

worden beschouwd. Het kwantificeren van deze risico's is dus geen onderdeel van dit rapport; het is een *kwalitatieve* risicoanalyse.

#### **1.4 Leeswijzer**

Dit onderzoeksrapport geeft de inventarisatie weer van arborisico's in ondergrondse bouwwerken, inclusief de maatregelen en wetgeving. Het is van belang om een aantal begrippen helder te positioneren. Waar gaat het om bij ondergrondse bouwwerken, wat zijn arborisico's, om welke fasen binnen de levenscyclus van bouwwerken gaat het? Deze vragen komen na dit inleidend hoofdstuk in hoofdstuk 2 aan de orde. Nadrukkelijk besteedt hoofdstuk 3 aandacht aan de veiligheidsbenadering en het arbeidsomstandighedenraamwerk. Dit raamwerk is gebruikt bij het in kaart brengen van de risico's, wetgeving en maatregelen, en brengt deze met elkaar in verband. De clustering van risicofactoren is gebaseerd op een checklistmethode en dient als basis voor de inventarisatie van risico's.

Op basis van dit onderzoekskader laten hoofdstuk 4 en 5 achtereenvolgens zien welke arbeidsprocessen bij de bouw respectievelijk het gebruik van ondergrondse bouwwerken tot arborisico's kunnen leiden. Hoofdstuk 6 clustert deze arborisico's tot een overzichtelijke groslijst, ingedeeld volgens de risicofactoren.

De volgende twee hoofdstukken beschrijven de bronnen van relevante wetgeving (hoofdstuk 7) en de maatregelen (hoofdstuk 8). De uitgevoerde interviews zijn gebruikt om de verzamelde documentatie te toetsen op volledigheid.

Hoofdstuk 9 geeft de resultaten weer van de inventarisatie en vormt de kern van het rapport. In een aantal arborisico-infobladen wordt per arborisico aangegeven bij welke werkzaamheden het risico voorkomt, wat de gevolgen zijn, welke wetgeving er bestaat en welke praktijkmaatregelen er genomen worden.

De conclusies in hoofdstuk 10 worden verdeeld in conclusies per onderzoeksvraag en een aantal algemene conclusies.



## 2 Begripsbepaling

### 2.1 Ondergrondse bouwwerken

In het *Handboek ondergronds bouwen*<sup>1</sup> wordt **ondergronds bouwen** gedefinieerd als het planmatig creëren of aanpassen van ondergrondse of in-de-grondse constructies. Ondergrondse en in-de-grondse constructies worden hierin als volgt beschreven:

- Ondergrondse constructies: constructies die geheel onder het maaiveld liggen en met grond zijn bedekt, eventueel met uitzondering van delen die noodzakelijk zijn voor aan- en afvoer van mensen, voertuigen of goederen (ook ‘tunnels in dijken’ behoren tot deze categorie).
- In-de-grondse constructies: constructies die zich voor een structureel deel onder het maaiveld bevinden – meer dan voor zover noodzakelijk voor de fundering – en niet of gedeeltelijk met grond zijn bedekt.

Deze studie beperkt zich tot de analyse van de ondergrondse constructies en van dat deel van de in-de-grondse constructies wat zich onder het maaiveld bevindt en geheel is bedekt met grond of met een bovenliggende constructie. Deze groep constructies zal verder in dit rapport worden aangeduid met **ondergrondse bouwwerken** of **ondergrondse gebouwen**. De beperking volgt uit de overweging dat dit onderzoek zich hoofdzakelijk richt op arbeid die onder de grond wordt verricht waarbij specifieke risico’s van ondergrondse arbeid kunnen optreden, bij voorbeeld als gevolg van beperkt daglicht, verminderde ventilatie of minder beschikbare vluchtwegen.

---

<sup>1</sup> Arends, G. *Handboek ondergronds bouwen*, Deel 1 – ondergronds bouwen in breed perspectief; Centrum voor Ondergronds Bouwen, Gouda, 1997

## 2.2 Arborisico

Het begrip arborisico bestaat uit twee begrippen: arbo en risico. **Arbo** staat voor arbeidsomstandigheden, hetgeen zoveel betekent als de omstandigheden waaronder arbeid wordt verricht. In het begrip **risico** zijn twee grootheden te onderscheiden: de **kans** dat een ongewenste gebeurtenis zal optreden of een ongewenste toestand zich manifesteert en het mogelijke effect (**gevolg**), dus de omvang van de schade, het verlies of de nadelige invloed. In dit onderzoek wordt het risico omschreven in termen van gevaren en gevolgen en worden deze ‘grootheden’ niet gekwantificeerd. **Gevaar** is de potentie van een gebeurtenis of toestand om schadelijke effecten of nadelige invloeden te veroorzaken. **Gevolgen** waar in dit verband naar gekeken wordt, hebben te maken met de aspecten veiligheid, gezondheid en welzijn.

**Tabel 2.1** Definitie arborisico

Arborisico	Arbo + risico
Risico	Kans op gevaar * gevolg
Gevaar	Toestand met potentie van ongewenst gevolg
Gevolg	Aard en omvang van schade, verlies of nadelige invloed

Opgemerkt dient te worden dat het te onderzoeken spectrum van mogelijke gevaren en gevolgen breed is. Aan de ene kant worden gevaren beschouwd die kunnen leiden tot (grote) calamiteiten, bijvoorbeeld brand in een besloten ondergrondse ruimte. Aan de andere kant worden nadelige gevolgen geïnventariseerd die ontstaan door bijvoorbeeld het gedeeltelijk of geheel ontbreken van daglicht.

### **3 Arbeidsomstandighedenraamwerk**

Dit hoofdstuk beschrijft het raamwerk dat gebruikt is voor de uitvoering van de inventarisatie van de risico's en de maatregelen, die gericht zijn op de beheersing van deze risico's. Verder beschrijft dit hoofdstuk de context waarin wetgeving een rol speelt. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van de begrippen gedefinieerd in hoofdstuk 2. In dit hoofdstuk komen de volgende onderdelen van het raamwerk aan de orde:

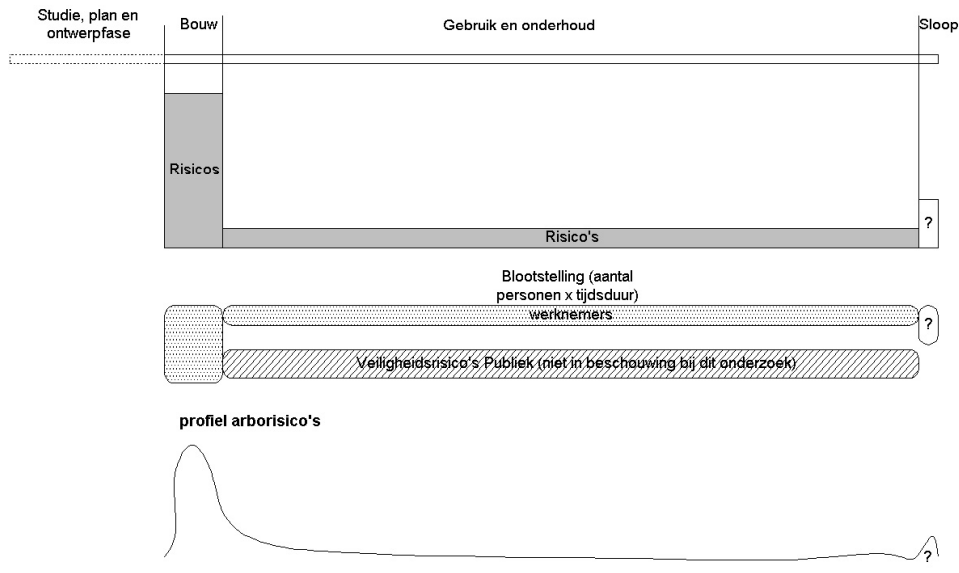
- Het vaststellen van de verschillen tussen de te beschouwen fasen in de levenscyclus van een bouwwerk, met name de bouw- en de gebruiksfase.
- Het opstellen van een analysemodel dat risico's, maatregelen en wetgeving met elkaar in verband brengt.
- Het opstellen van een methodiek voor het inventariseren van de arborisico's met behulp van de checklijsten.
- Het neerzetten van de structuur voor de inventarisatie van maatregelen uit de praktijk en uit wetgeving.

#### **3.1 *Levenscyclus bouwwerken***

In het kader van dit onderzoek is het nuttig de fasen van een levenscyclus van een ondergronds bouwwerk te identificeren waarin arborisico's zich daadwerkelijk voordoen of waarin keuzen (kunnen) worden gemaakt om de arborisico's te voorkomen of te beperken. De volgende fasen zijn t.b.v. dit onderzoek onderscheiden:

- Studie-, plan- en ontwerpfase,
- Bouw (in het kader van de Arbowetgeving wordt bouwfase ook wel de uitvoeringsfase genoemd),
- Gebruik (inclusief onderhoud),
- Sloop.

Figuur 3.1 geeft de verschillende fasen van de levenscyclus van een bouwwerk weer en schetst ter illustratie op welke momenten arborisico's zijn te verwachten.



**Figuur 3.1 Schetsmatige illustratie van arborisico's in levenscyclus van een bouwwerk**

### **Studie-, plan- en ontwerpfase**

In de studie-, plan- en ontwerpfase vinden geen bouwwerk-gerelateerde ongevallen plaats, maar de ontwerpende partijen hebben uiteraard een belangrijke invloed op veiligheid en arbeidsomstandigheden in de bouw- en gebruiksfase. Reeds in die fase worden keuzen gemaakt die de arborisico's kunnen helpen voorkomen of beperken. Zeker in het kader van een ondergronds bouwwerk zijn die keuzen zo goed als definitief: in een later stadium kunnen verkeerde keuzes slechts tegen hoge kosten of in het geheel niet meer ongedaan worden gemaakt. De keuze in de studie-, plan- en ontwerpfase betreffen zowel technologische aspecten van het bouwwerk maar ook de randvoorwaarden voor een veilig en gezond gebruik van het bouwwerk. De randvoorwaarden betreffen enerzijds de arbeidsomstandigheden in een normaal verlopend gebruikproces en anderzijds de omstandigheden die

bepalend zijn voor het beperken van schade en letsel bij een ernstig verstoord proces (bij voorbeeld door brand).

### **Bouwfase**

In tegenstelling tot de studie-, plan- en ontwerpfase, treden in alle andere fasen van een levenscyclus van een bouwwerk arborisico's op. Zo kent de bouwfase gedurende een bouwtijd meerdere gelijktijdig op dezelfde plaats aanwezige gevaren. Mede door deze gelijktijdigheid van het optreden hebben deze gevaren een relatief hoge kans van optreden. De risico's in de bouwfase zijn sterk afhankelijk van het type bouwwerk (tunnel, kelder etc.) en van de daarbij gehanteerde bouwmethode. Door de intensieve arbeid die tijdens de bouwfase wordt verricht, leiden gevaren in relatief korte bouwperiode mogelijk tot grote gevolgen voor de werknemers en voor de omgeving.

### **Gebruiksfase**

De gebruiksfase bestrijkt in tegenstelling tot de bouwfase meerdere decennia. Het arbeidsproces tijdens deze fase kent in het algemeen minder soorten gevaren die bovendien van geheel andere aard en orde grootte zijn dan die in de bouw (mogelijk met lagere kans van optreden of kleinere gevolgen). Risico's voor werknemers zijn tijdens het gebruik daardoor per gewerkt uur algemeen gesproken kleiner dan die tijdens de bouwfase. Ze hangen vooral af van de functie(s) van het gebouw, de processen die daarin plaatshebben en daarmee van de inrichting en de omgeving van de werkplekken. Het onderhoud en de verbouwingen tijdens de gebruiksfase geven mogelijk opnieuw pieken in het optreden van risico's.

### **Sloofase**

Zoals reeds uit de afbakening naar voren komt, valt de sloofase buiten het bestek van dit rapport.

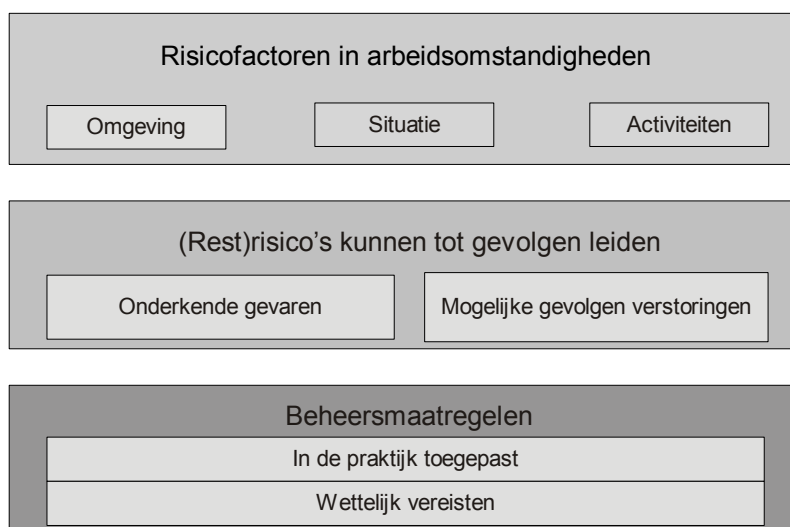
### **Focus onderzoek op bouw- en gebruiksfase**

In de bouw- en gebruiksfase worden evenals in de studie-, plan- en ontwerpfasen keuzen gemaakt die de arborisico's in deze fasen beïnvloeden.

De bouw- en gebruiksfase vormen de kern van het onderzoek. Dat wil zeggen dat er slechts gekeken zal worden naar de arborisico's, die zich in deze twee fasen manifesteren. Met betrekking tot de keuzen die van invloed zijn voor het voorkomen of het beperken van deze risico's zal eveneens gekeken worden naar de studie-, plan- en ontwerpfasen.

### **3.2 Analysemodel**

Om in dit onderzoek de arbeidsomstandigheden, arborisico's, wetgeving en maatregelen te ordenen is het schema van Figuur 3.2 gehanteerd.



**Figuur 3.2 Model relatie arborisico's en maatregelen**

#### **Arborisico's**

Arborisico's ontstaan door niet beheerste gevaren of mogelijk falende beheersmaatregelen. Het daadwerkelijk plaatshebben van ongevallen of het

ontstaan van gezondheidsschade zal afhangen van de mate waarin risico's zijn geaccepteerd of processen zijn beheerst.

De *arbeidsomstandigheden* worden bepaald door de risicofactoren *omgeving*, *situatie* en *activiteiten*. Onder *omgeving* wordt in dit verband verstaan de bron van gevaren die de arbeidsomstandigheden in het ondergrondse bouwwerk van buitenaf kunnen bedreigen, bijvoorbeeld de bodemgesteldheid van de grond waarin wordt gewerkt of andere. *Situatie* is de locatie waar men zich (ondergronds) bevindt en hoe de locatie en werkplek er uitziet. *Activiteiten* zijn de werkzaamheden die werknemers uitvoeren.

*Gevaren* met als bron omgeving, situatie en activiteiten kunnen door een ongewenste gebeurtenis of toestand leiden tot *gevolgen*, en die bepalen in samenhang met de kans op zo'n gebeurtenis de *arborisico*'s.

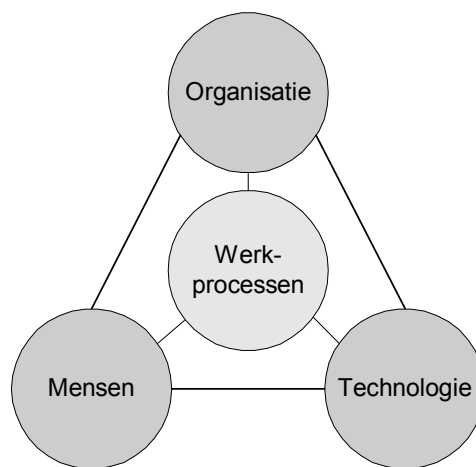
In het kader van dit onderzoek zullen van ondergrondse werkzaamheden die arborisico's worden beschouwt die uniek zijn voor ondergronds werk, die door ondergrondse omstandigheden en situaties in hun kans of effect anders zijn dan bovengronds, danwel daarvoor bijzondere maatregelen nodig zijn om de risico's te beheersen. Hoewel arbeidsomstandigheden in ondergrondse situaties ook op andere bijzondere werkplekken kunnen voorkomen (denk aan werken in een duikboot), is de selectie breed gehouden om een volledig beeld te krijgen. Bijvoorbeeld bij uitval van verlichting in een bovengrondse situatie is overdag de oriëntatie meestal mogelijk door invallend licht van buiten. Ondergronds leidt de uitval van verlichting altijd tot een gebrek aan oriëntatie op plaatsen waar daglicht niet toetreedt, en levert dus een hoger risico op.

De genoemde risicofactoren zijn ieder een bron van gevaren maar kunnen elkaar ook versterken. Een specifieke samenhang van verstoringen in de omgeving, situatie of de activiteiten die tot schade of letsel leidt alsmede van de schade beperkende activiteiten, kan worden beschreven in een scenario. In dit onderzoek zijn waar nodig scenario's beschouwd als concretisering van welke gevolgen een

bepaald gevaar in een onbeheerst proces met zich mee kan brengen. Deze scenario's worden niet uitgewerkt. Doel van dit onderzoek is immers niet mogelijke scenario's te benoemen maar het beschrijven van welke risico's zich bij ondergronds bouwen en werken voordoen alsmede van welke in de praktijk te treffen maatregelen en van toepassing zijnde wettelijke maatregelen voorhanden zijn.

### **Beheersmaatregelen**

De acceptatie van arborisico's hangt enerzijds af van maatschappelijk aanvaarde maatstaven zoals in regelgeving verwoord en anderzijds af van de beslissingen van de ondernemer die voor beheersmaatregelen moet zorgen. Als in een bepaald geval de vastgestelde norm dreigt te worden overschreden of arborisico's onaanvaardbaar worden geacht, zal de verantwoordelijke ondernemer (opdrachtgever, werkgever of ontwikkelaar/eigenaar/beheerder van een bouwwerk) adequate maatregelen moeten nemen.



**Figuur 3.3 Relatie tussen bedrijfsfactoren organisatie, mensen en technologie**

Het geheel van maatregelen om arborisico's te beheersen wordt arbomanagement genoemd. Het arbomanagement richt zich op het in samenhang aansturen van de bedrijfsfactoren *technologie*, *organisatie* en *mens* in relatie tot de werkprocessen zoals het boren van een tunnel of het exploiteren van een parkeergarage (zie **Figuur 3.3**).



Er bestaat een dynamische samenhang tussen deze drie factoren. Preventieve maatregelen gericht op brandgevaar kunnen bijvoorbeeld niet alleen bestaan uit technische maatregelen gericht op de toepassing van brandbare materialen of stoffen (*technologie*). Zij dienen ook te gericht te zijn op de *mens* en de *organisatie*. Het gebrek aan kennis of een gebrekkige communicatie bij een onderhoudsproces kan bijvoorbeeld leiden tot toepassing van een hittebron die brand kan veroorzaken. Tezamen leiden maatregelen op het gebied van de bedrijfsfactoren tot de beheersing van gevaren uit de *omgeving*, de *situatie* waarin wordt gewerkt en de *activiteiten* die daarin plaatsvinden.

Een arbomanagementsysteem vormt een methode voor een systematische inbedding van de nodige beheersmaatregelen in een bedrijf. Het genereert maatregelen ter beheersing van de gevaren op basis van enerzijds de risico-inventarisatie en evaluatie en anderzijds de eisen waaraan het bedrijf zich wil en moet houden. De OHSAS 18001<sup>2</sup>, een internationale richtlijn voor arbomanagementsystemen, beschrijft een basisset van maatregelen die kunnen worden getroffen om tot een veilig werkproces te komen. Deze systematiek is toepasbaar op zowel de bouw- als de gebruiksfase en wordt in Nederland steeds meer erkend als referentiekader voor het toetsen van de volledigheid en kwaliteit van beheersmaatregelen op het gebied van veiligheid en gezondheid. De OHSAS vormt om deze redenen in dit onderzoek een referentiekader voor het inventariseren van beheersmaatregelen. In Bijlage V is ter informatie een overzicht opgenomen van de maatregelen die OHSAS 18001 vereist voor een compleet arbomanagementsysteem.

Beheersmaatregelen kunnen gericht zijn op enerzijds het voorkomen en anderzijds het beperken van schade en letsel. Het concept van de veiligheidsketen geeft daarvoor nuttige structuur en aangrijpingspunten. In de literatuur over veiligheid

---

<sup>2</sup> OHSAS 18001 (nl) Arbo-managementsystemen-Specificatie Occupational Health and Safety Assessment-Specification, vertaald en in 2000 uitgegeven door het Nederlands Normalisatie-instituut

van ondergrondse bouwwerken wordt de veiligheidsketen dan ook vaak genoemd. Het geeft, tegen de achtergrond van de levenscyclus van een bouwwerk, een structuur aan voor de aard en de relatie van mogelijke maatregelen om arborisico's te voorkomen of te beperken:

- Pro-actie, het voorkomen van onveilige situaties,
- Preventie, het verkleinen van de kans op onveilige situaties en het optimaliseren van arbeidsomstandigheden,
- Preparatie, het voorbereiden op noodsituaties (BHV, nood- en hulpdiensten),
- Repressie, het beperken en bestrijden van noodsituaties (BHV, nood- en hulpdiensten),
- Nazorg en herstel.

De eerste twee onderdelen van de keten zijn kansbeperkend, dus verminderen de kans van voorkomen van ongewenste gebeurtenissen of toestanden. De laatste drie zijn effectbeperkend. De inventarisatie van maatregelen in hoofdstuk 9 maakt waar zinvol geacht onderscheid in deze twee typen maatregelen.

### **3.3 Inventarisatie arborisico's**

Voor het identificeren van aanwezige risico's bij bepaalde arbeidssituaties en werkzaamheden is een aantal gangbare methoden voorhanden, waaruit voor dit onderzoek een keuze gemaakt is.

Meestal begint een risicoanalyse met een kwalitatieve analyse: welke risico's komen voor? In tweede instantie en waar nodig worden deze risico's ook verder gekwantificeerd, waarbij specifieke omstandigheden waarin deze risico's optreden een rol spelen.

Diverse methoden, zoals FMEA (Failure Mode Effect Analyses), HAZOP study (HAZard and Operability study), Fine en Kinney, foutenbomen, gebeurtenissenbomen, scenarioanalyses, zijn meer kwantitatief van aard en

kenmerken zich door het feit dat min of meer concrete processen, of onderdelen daarvan, gedetailleerd worden ontleed en geanalyseerd.

Omdat in het kader van dit rapport een uitgebreide verzameling van onderscheiden werkprocessen in zowel bouw- als gebruiksfase moet worden beschouwd, is een risicoanalyse gebaseerd op een van dergelijke methodes tijdrovend. Deze conclusie is mede gebaseerd op ervaringen van het COB (*Rapport N800, Arbeidsomstandigheden Boorproces*<sup>3</sup>), waar een dergelijke aanpak bij drie tunnelprojecten is uitgetest.

Omdat het kwantificeren van risico's geen onderdeel van dit onderzoek vormt, is gekozen voor een kwalitatieve analyse gericht op het inventariseren van risico's. De checklistmethode biedt daarvoor een bruikbare basis. Deze methode lijkt op het uitvoeren van een RI&E (Risico Inventarisatie & Evaluatie) in het kader van de Arbowet. Het nadeel van dergelijke methodes is dat het zicht op specifieke ongevalsscenario's verloren raakt. Dit nadeel is niet bezwaarlijk geacht omdat het zich vooral richt op de inventarisatie van risico's en minder op specifieke casus gerichte risicoanalyses. Het scenariodenken gaat overigens niet verloren omdat informatie over gevaren, activiteiten en/of situaties, gevolgen en maatregelen in een causaal verband met elkaar worden gerapporteerd, zie hoofdstuk 9.

De volgende werkwijze is gehanteerd:

- Het inventariseren van de gangbare risico-indeling voor alle arborisico's,
- Het clusteren en filteren van de inhoud naar relevantie voor "ondergronds",
- De gangbare risico-indeling uitbreiden met enkele specifieke aspecten ten behoeve van de scope van dit onderzoek, namelijk arborisico's ondergronds,
- Het samenstellen van een overzichtelijke groslijst van gevaren bij ondergrondse arbeid.

---

<sup>3</sup> N 800 Arbeidsomstandigheden Boorproces, Swuste e.a. COB augustus 2001

### **Indeling arborisico's**

Als basis voor de risico-indeling is gebruik gemaakt van de systematiek zoals die in het Arbo informatieblad nr. 1 (AI-blad)<sup>4</sup> is gegeven. Dit AI-blad beschrijft de relevante aandachtspunten bij de risico-inventarisatie en -evaluatie. De indeling in hoofdthema's is vergeleken en nader ingevuld met behulp van een gevaarenindelingen<sup>5,6</sup>, zoals die voor de implementatie van de Machinerichtlijn (in Nederland omgezet in het besluit machines) worden gebruikt. De argumentatie hiervoor wordt ingegeven door het feit dat een belangrijk deel van ondergrondse bouwprocessen gemechaniseerd verloopt.

De risicofactoren genoemd in het analysemodel zijn (gegeven het eerder genoemde AI-blad en de gevaarenindelingen op het gebied van machineveiligheid) als volgt onderverdeeld in omgevingsaspecten, situationele aspecten en activiteiten:

- a. omgevingsaspecten
- b. fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek
- c. gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia
- d. arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek
- e. organisatorische en menselijke aspecten
- f. psychische aspecten.

De genoemde checklijsten, informatie uit geraadpleegde literatuur en informatie van twee exploratieve interviews met deskundigen leiden tot het onderstaand overzicht van karakteristieke gevaren die bij ondergrondse arbeid in de bouw- en gebruiksfase de arborisico's bepalen.

---

<sup>4</sup> Arbo informatieblad 1, Arbo en verzuimbeleid, Ministerie van SZW, 2000

<sup>5</sup> EN 1050, Checklist identificatie van gevaren van machines.

<sup>6</sup> EN 292-1: 1994 en 2: 1996 Veiligheid van machines. Basisbegrippen. Algemene ontwerpbeginnselen

**A. Omgevingsaspecten (c.q. externe bedreigingen voor of door de omgeving)**

- Bodemgesteldheid
- Grondwateromstandigheden
- Grondverontreiniging
- Gassen en dampen in de bodem
- Obstakels (kabels, leidingen, explosieven enz.)
- Meervoudig ruimtegebruik (c.q. belendende gelijktijdige functies)

**B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek**

- Verblijf in een besloten ruimte
- Verblijf in een ruimte met een beperkte omvang
- (Dag)licht, uitzicht en oriëntatie
- Luchtkwaliteit
- Geluid en trillingen
- Omgevingstemperatuur
- Werken onder overdruk incl. duikwerkzaamheden
- Vluchtmogelijkheden
- Bereikbaarheid voor hulpverlening

**C. Verhoogde effecten van gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia vanwege ondergrondse arbeid**

- Contact met / inademing van (vloeï-)stoffen, gassen, dampen, rook, nevels etc.
- Biologische of microbiologische stoffen
- Brand- en explosies

**D. Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek**

- Inzet arbeidsmiddelen
- Werken met grote krachten, snelheden en extreme drukken
- Bezwijken, breken, instorten constructie
- Elektrische en elektrostatische gevaren

#### **E. Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten**

- Organisatorisch kader
- Cultuurverschillen
- Communicatiemogelijkheden
- Implementatie innovatieve processen, methoden en technologieën
- Moeilijkheidsgraad arbeid
- Werkdruk en werktijden

#### **F. Psychische aspecten**

- Beleving ondergrondse verblijf
- Beleving vluchtmogelijkheden en bereikbaarheid voor hulpverlening

De arbeidsomstandigheden in de onderscheiden bouwmethoden en gebruiksfuncties zijn bij dit onderzoek separaat geanalyseerd, waarbij telkens het volledige bovenstaande spectrum van mogelijke factoren/gevaren is gebruikt voor identificatie van relevante arborisico's.

#### **3.4 *Structuur inventarisatie praktijkmaatregelen en wettelijke voorschriften***

Naast de inventarisatie van de arborisico's is het doel van het onderzoek te inventariseren welke beheersmaatregelen in de praktijk worden toegepast en na te gaan of het wettelijk kader voor arbeid voor ondergrondse arbeid voorhanden is.

Beheersmaatregelen worden vastgesteld en toegepast door het bedrijf dat verantwoordelijk is voor het bouw- of gebruiksproces. Deze kunnen zijn afgeleid van referentiekaders zoals het bedrijfskundige principe van managementsystemen, uit eigen praktijkervaring, uit de stand van techniek in de branche of kunnen specifiek zijn ontwikkeld voor een bepaald project. Het doel daarvan is dat op basis van een risico-inventarisatie en -evaluatie de ondernemer zodanige maatregelen treft ("arbomanagement") ter beheersing van de gevaren dat het risico binnen acceptabele grenzen wordt beheerst.

Daarnaast is ook regelgeving een bron van beheersmaatregelen die bovendien minimumeisen vaststelt. De soorten regelgeving zullen nader worden ingeleid in hoofdstuk 7.

In dit onderzoek zal inzicht worden verschaft in de samenhang tussen de aard van de risico's, bekende beheersmaatregelen en van toepassing zijnde wettelijke voorschriften.





## 4 Arborisico's in ondergrondse bouwwerken

Ondergrondse bouwwerken lenen zich voor vele functies, zie Bijlage III. De voordelen hiervan worden steeds meer ingezien. Zij leiden evenwel tot bouwprojecten en werkprocessen welke risico's introduceren die qua aard en omvang andere kenmerken hebben dan bij bovengronds bouwen en werken.

Ondergronds bouwen en werken in Nederland zal toenemen. Het huidige en het te verwachten gebruik van ondergrondse ruimtes zoals verder in Bijlage III is beschreven, volgt uit de studies *Strategische studie ondergronds bouwen*<sup>7</sup> en *COB Onderzoek gemeentes*<sup>8</sup>. Deze studies maken duidelijk dat er een opgaande trend is in de belangstelling en planvorming voor ondergronds bouwen. Hieruit blijkt dat voornamelijk de infrastructurele vraagstukken in aanmerking (zullen) komen voor ondergrondse oplossingen. Daarnaast blijkt dat verblijf en opslag eveneens ondergronds (kunnen) komen, met name als het gaat om niet-daglicht gevoelige delen van de bebouwing (utilitaire functies, parkeren, verkoop).

Om zicht te krijgen op welke ondergrondse bouwactiviteiten en werkzaamheden relevant zijn voor het inventariseren van risico's is gezocht naar representatieve bouwprocessen en categorieën werkzaamheden ondergronds.

Dit hoofdstuk gaat in op diverse aspecten van ondergronds bouwen en werken teneinde te kunnen vaststellen welke risico's typerend zijn voor werkzaamheden in ondergrondse bouwwerken. Uitgangspunt daarvoor zijn de processen die tijdens ondergronds werken in de bouw- en de gebruiksfase te onderscheiden zijn. Deze worden beschouwd vanuit het perspectief van de *omgeving* van het bouwproces, de in het bouwproces verrichte *activiteiten* en de *situatie* waarin deze plaatshebben. Omdat uiteindelijk van belang is welke risico's (uitgedrukt in de kwalitatieve termen *gevaren* en *gevolgen*) moeten worden onderscheiden, zullen deze als

---

<sup>7</sup> Krogt, R.A.A. van der (red.) *Strategische studie ondergronds bouwen*, Delft/Gouda, 1997

<sup>8</sup> COB, *Gaan gemeenten ondergronds? Inventarisatie ondergronds bouwen*, Werkrapport CUR/COB, N700-01, Gouda, 1997

beginpunten van de inventarisatie worden genomen. Deze aanpak voorkomt dat eindeloze reeksen activiteiten worden gepresenteerd die ieder op zich één of meerdere (soms dezelfde risico's) met zich kunnen meebrengen. Op deze wijze zijn uit de literatuur, verkennende interviews en op basis van de ervaring en inzicht van de onderzoekers per werkproces gevaren benoemd.

#### **4.1 Arborisico's in de bouwfase**

De bouwfase kan worden onderverdeeld in de ruwbouw- en de afbouwphase. Onder ruwbouw wordt het realiseren van het constructieve deel van een bouwwerk verstaan. Onder afbouw de verdere benodigde voltooiing van een bouwwerk na afronding van de ruwbouw.

Bij de ruwbouw kan een aantal traditionele en een aantal meer innovatieve methodes worden onderscheiden. De arbeidsprocessen en werkomstandigheden tijdens de ruwbouw – en daarmee de arborisico's – kunnen zeer verschillend zijn, afhankelijk van de bouwmethode. Naar het huidig inzicht worden de arbeidsomstandigheden van vele activiteiten bij de innovatieve methodes als nauwelijks afwijkend gezien van de activiteiten bij traditionele methodes, zie Bijlage IV. Gezien de omvang van het gebruik in Nederland en relevantie in de toekomst worden de volgende ruwbouwmethodes representatief geacht, zie Bijlage IV:

- Een geboorde tunnel met vloeistofschild (slurry schild) in combinatie met een tunnelconstructie bestaande uit segmenten.
- Bergmanische ruwbouwmethode (ontgraving) in combinatie met bevroering als hulptechniek bij ontgraving.
- Afgedekte bouwkuip (wand-en-dakmethode) met verhoogde luchtdruk.

Voor de afbouw geldt juist, dat ongeacht de gevolgde bouwmethode en de functie(-s) die in de ruimte gehuisvest zullen worden, de processen en arbeidsomstandigheden in het algemeen vergelijkbaar zijn. Dit betekent dat het niet zinvol is de analyse voor afbouwphase te verbijzonderen naar bouwmethode.

Er is voor de volgende aanpak gekozen:

- Op basis van de procesanalyse van een reeks ondergrondse bouwmethodes wordt een inschatting gemaakt van de algemene arborisico's bij ondergronds bouwen; aan de hand van deze geïdentificeerde arborisico's wordt nagegaan of zij ook bij andere bouwactiviteiten voorkomen.
- Bij de ruwbouw wordt op basis van de drie geselecteerde bouwmethoden bezien welke arbeidsprocessen specifieke arborisico's met zich meebrengen.
- Bij de afbouw wordt één algemene procesanalyse gehanteerd.

#### 4.1.1 Algemene arborisico's in bouwfase

Vele activiteiten in ondergronds bouwen zijn niet specifiek voor de onderscheiden methodes of de ruw- en afbouwfase. Met het oog op het algemene karakter van deze activiteiten is het niet zinvol daarvan een gespecificeerde opsomming te geven.

De algemene bij ruwbouw en/of afbouw voorkomende ondergrondse werkzaamheden zullen per risicofactor en bijbehorende type gevaar worden geordend, in Tabel 4.1. De in deze tabel gehanteerde structuur sluit aan op de risicofactoren uit hoofdstuk 3.

**Tabel 4.1 Algemene arborisico's bij ondergronds bouwen tijdens bouwfase**

Risicofactoren	Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)	Werkzaamheden
<b>A. Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)</b>	Gevaar door onverwachte bodemgesteldheid (slappe grond, waterlopen enz.)	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door aanwezigheid vervuilde grond, gassen en dampen in de bodem	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door aanwezigheid onverwachte obstakels in de bodem (kabels, leidingen enz.)	Ondergrondse bouwwerkzaamheden

<b>Risicofactoren</b>	<b>Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)</b>	<b>Werkzaamheden</b>
<b>A. Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving) (vervolg)</b>	Gevaar door aanwezigheid explosieven in de bodem	Ondergrondse bouwwerkzaamheden Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar voor of vanwege belendingen en aanwezig publiek bij ondergrondse bouwactiviteiten	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
<b>B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek</b>	Gevaar door verblijf in beperkte ruimtes	Ondergrondse bouwwerkzaamheden in beperkte fysieke ruimtes Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Beperkt of ontbrekend daglicht en uitzicht	Ondergrondse bouwwerkzaamheden Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door uitvallen of ontbreken van voldoende kunstverlichting	Ondergrondse bouwwerkzaamheden Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door onvoldoende luchtkwaliteit	Ondergrondse bouwwerkzaamheden Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door effectverhoging van geluid en trillingen door besloten ruimte en resonantie	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening	Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
<b>C. Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia</b>	Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen	Aanvoeren en afvoeren personen en materiaal, energie en voorzieningen voor bouwwerkzaamheden Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes	Lekkage herstel met (twee componenten) epoxy
	Gevaar door aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimte	Transport personen en materiaal, aanvoeren energie en voorzieningen en inzet arbeidsmiddelen met verbrandingsmotoren Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden

<b>Risicofactoren</b>	<b>Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)</b>	<b>Werkzaamheden</b>
<b>D. Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek</b>	Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal	Aanvoeren en afvoeren personen en materiaal voor ruwbouw en afbouw
	Gevaar door beschadigen/afsnijden aanvoerlijnen	Aanvoeren energie en voorzieningen
	Gevaar door vrijkomen gevaarlijke gassen en dampen bij arbeidsmiddelen	Transport personen en materiaal, aanvoeren energie en voorzieningen inzet, arbeidsmiddelen met gebruik verbrandingsmotoren
	Gevaar door instorting constructie	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door instroom van water	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
<b>E. Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten</b>	Gevaar door taal- en cultuurverschillen	Alle specialistische ondergrondse werkzaamheden
	Gevaar door uitvoeren van technisch complexe, nieuwe en innoverende technieken en projecten	Grote ondergrondse projecten, meestal infrastructuur
	Gevaar door onvoldoende communicatie	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door hoge moeilijkheidsgraad arbeid	Alle specialistische ondergrondse werkzaamheden
	Gevaar door hoge werkdruk	Alle specialistische ondergrondse werkzaamheden
	Gevaar door lange werktijden	Alle specialistische ondergrondse werkzaamheden
<b>F. Psychische aspecten</b>	Beleving verblijf in besloten ondergrondse ruimtes	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door agressie door schuilende derden	Ondergrondse bouwwerkzaamheden
	Gevaar door suboptimaal vluchtgedrag bij verblijf in besloten ondergrondse ruimtes	Ondergrondse bouwwerkzaamheden Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden

#### **4.1.2 Specifieke arborisico's in ruwbouwfase**

Naast activiteiten met algemene risico's komen bij verschillende bouwmethodes in de ondergrond ook activiteiten met specifieke risico's voor. Op basis van de procesanalyse van de drie geselecteerde ruwbouwmethodes worden de bijzondere gevaren in relatie tot de werkzaamheden waarbij blootstelling plaatsvindt in kaart gebracht, zie Tabel 4.2. Daarbij wordt ook nagegaan of deze bijzondere arborisico's ook bij andere activiteiten voorkomen.

##### **Boren met vloeistofschild bij tunnelconstructie van segmenten**

Bij boren van tunnels in de Nederlandse bodem wordt onder grondwaterniveau gewerkt en moet de invloed op de omgeving tot een minimum worden beperkt. De boorschild is hiervoor toepasbaar. Van de twee in Nederland toegepaste schilden (vloeistofschild en gronddrukbalansschild) wordt hier t.b.v. verdere analyses gekozen voor de meest populaire variant. Dit is het vloeistofschild (slurryschild) in combinatie met gesegmenteerde tunnelconstructie.

Bij deze boormethode gebeurt het afgraven van de grond met een tunnelboormachine. Deze bestaat grofweg uit een boorkop en een cockpit en heeft naast het boren van de tunnel tevens als doel dat de geboorde tunnel niet instort. In het geval van boren met een vloeistofschild wordt gedurende het gehele boorproces het boorfront ondersteund door middel van vloeistofdruk (de steunvloeistof bestaat meestal uit bentoniet). De tunnelwand wordt gaandeweg opgebouwd uit (veelal betonnen) prefab segmenten die via de tunnel worden aangevoerd.

Het personeel bevindt zich tijdens het boorproces voornamelijk in en rondom de cockpit van de tunnelboormachine. Bij onderhoud en storingen is duikarbeid in het vloeistofschild (modderwater) noodzakelijk.

Aan- en afvoer van materiaal, energie, en personeel vindt plaats door de reeds geboorde, en soms hellende, tunnel met weinig uitwijkmogelijkheden.

## **Bergmännische methoden (ontgraving) in combinatie met bevroering van de bodem**

Voor het uitbreiden van ondergrondse ruimtes (zowel kelder- als tunnelconstructies) kan gebruik worden gemaakt van ondergrondse uitbouwtechnieken. Hier wordt ingegaan op ontgraving met behulp van traditionele handmatige en/of machinale technieken (frezen, hakken en boren). Deze werkzaamheden kunnen ook onder verhoogde luchtdruk plaatsvinden. Gezien de Nederlandse grondeigenschappen, dient vaak een grondverbetering te worden toegepast om de ontgraving stabiel te houden.

In dit rapport beschouwen we de verbetering van de bodem door middel van bevroering. Daartoe worden in de grond buizen aangebracht waar een koelmiddel (mogelijk ook toxische vloeistoffen of gassen zoals ammoniak en stikstof) doorheen wordt gepompt. Door bevroering van het grondwater ontstaat samenhang in de grond en kan de ontgraving van de uitbreiding starten. Voor de ondersteuning van de bevroren grond tijdens het ontgraven wordt spuitbeton gebruikt. Nadat de gewenste vorm van de ontgraving is bereikt, wordt een definitieve wandbekleding gemaakt door het aanbrengen van het wapeningsnet en het spuiten van een laag beton.

### **Afgedekte bouwkuipmethode met verhoogde luchtdruk**

Bij de afgedekte bouwkuipmethode (wand-en-dakmethode) worden vanaf het maaiveld eerst de wanden en het dak gemaakt waarna het maaiveld in gebruik kan worden genomen. Daaronder gaat de ontgraving door en wordt het ondergrondse bouwwerk afgebouwd. Er wordt al naar gelang de omstandigheden gebruik gemaakt van natuurlijke of kunstmatige bodemafluitingen en/of wordt met verhoogde luchtdruk gewerkt.

In dit onderzoek wordt deze luchtdrukvariant verder beschouwd. In een dergelijk geval wordt het grondwater verdrongen door in de werkruimte tussen de bovenste gedeelten van de wanden tijdelijk een verhoogde luchtdruk aan te brengen. Als

gevolg zakt de grondwaterspiegel tot juist beneden de te maken vloer en kan vervolgens met ontgraven worden begonnen. Daarbij wordt de arbeid onder overdruk verricht.

**Tabel 4.2 Specifieke arborisico's bij een drietal bouwmethodes**

Risicofactoren	Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)	Typerend voor ruwbouw			Werkzaamheden
		Boren met vloestofschild	Bergmanische methode	Afgedekte bouwkuipmethode	
<b>B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek</b>	Gevaar door oplopen omgevingstemperatuur	X			Boorwerkzaamheden met TBM <i>Komt ook voor bij bouwwerkzaamheden waarbij omgevingstemperatuur oploopt (boren, inzet generatoren, afvoer materiaal door leidingen enz.)</i>
	Gevaar door duikarbeid en werken onder overdruk	X			Onderhoud en werkzaamheden nabij in de boorkamer <i>Komt ook voor bij ondergrondse bouwwerkzaamheden met duikarbeid (afzinken van bouwsegmenten enz.)</i>
	Gevaar door duikarbeid en werken onder overdruk (caissonarbeid)			X	Ontgraven startruimte en kelderruimtes <i>Komt ook voor bij ondergrondse bouwwerkzaamheden met werken onder overdruk (caissonarbeid)</i>
<b>C. Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia</b>	Gevaar van aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen	X			Gebruik hydraulische olie bij vijzelen <i>Komt ook voor bij gebruik en opslag brandstoffen voor aggregaten en voertuigen, transformator olie voor generatoren, hydraulische olie voor vijzels, gasflessen, overige gebruik en opslag brandbare materialen en stoffen</i>
	Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes		X		Werkzaamheden nabij systemen met inzet van toxische stoffen als koelmiddel voor grondbevrozing grondbevrozing en dichten lek



Risicofactoren	Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)	Typerend voor ruwbouw			Werkzaamheden
		Boren met vloestofschild	Bergmanische methode	Afgedekte bouwkuipmethode	
<b>C. Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (vervolg)</b>	Gevaar door aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes		X		Maken ondersteuning en wandbekleding ontgraving met (kwartshoudend) spuitbeton
<b>D. Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek</b>	Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal	X			Aanvoeren en afvoeren personen en materiaal voor ruwbouw en afbouw tunnelconstructie met smalspoor
	Technische risico's door ontwerp van installaties en machines tijdens gebruik en bij uitvallen	X			Gebruik en uitvallen TBM bij boren en grouten <i>Komt ook voor bij ondergrondse bouwwerkzaamheden met inzet van machines (TBM vijzels enz.), installaties (hijs- en hefinstallaties enz.) en voertuigen</i>
	Gevaar door montage zware elementen in besloten ruimte	X			Werkzaamheden bij aanleg ondergrondse constructies met prefab elementen <i>Komt ook voor bij ondergrondse werkzaamheden met zware elementen in beperkte besloten ruimtes</i>
	Gevaar door instorting constructie	X			Werkzaamheden in tunnel bij: instabiel boorfront bij te hoge/lage druk in boorkamer, onvoldoende draagkracht kop TBM, voortijdig bezwijken startwand bij passeren TBM, instorting constructie bij bereiken ontvangst-schacht door TBM
	Gevaar door instroom van water	X			Werkzaamheden in tunnel bij: vallende waterdichtheid voorschild TBM, vallende waterdichtheid afsluiting staart TBM – tunnelling bij boren en grouten

Risicofactoren	Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)	Typerend voor ruwbouw			Werkzaamheden
		Boren met vloestofschild	Bergmanische methode	Afgedekte bouwkuipmethode	
<b>E. Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten</b>	Gevaar door werken in grote en complexe organisaties	X			Tunnelbouw <i>Komt ook voor bij grote ondergrondse bouwprojecten (bv. infrastructuur)</i>
	Gevaar door uitvoeren van technisch complexe, nieuwe en innoverende technieken en projecten	X			Tunnelbouw <i>Komt ook voor bij grote ondergrondse bouwprojecten (bv. infrastructuur)</i>

#### 4.1.3 Specifieke arborisico's in afbouwfase

De arbeidsprocessen en arborisico's in de afbouwfase worden beschouwd aan de hand van één algemene procesanalyse: de afbouw van verkeerswegen wordt uitgewerkt omdat hierbij het asfalteren van de wegen speciale aandacht vereist in verband met vrijkomende stoffen en warmte. In Tabel 4.3 zijn de bijzondere ondergrondse arborisico's die bij de afbouw kunnen optreden genoemd. De reeds in Tabel 4.1 genoemde algemene activiteiten en bijbehorende arborisico's worden hierin in principe niet meer vermeld.

**Tabel 4.3 Specifieke arborisico's bij afbouw**

<b>Risicofactoren</b>	<b>Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)</b>	<b>Werkzaamheden</b>
<b>B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek</b>	Gevaar door oplopen omgevingstemperatuur	Asfalteren
<b>C. Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia</b>	Gevaar door aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes	Aanbrengen (brandverende) wandbekleding met (kwartshoudend) spuitbeton
<b>C. Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (vervolg)</b>	Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes	Asfalteren, diverse afbouwwerkzaamheden, opruimen/schoonmaken



## 5 Arborisico's in de gebruiksfase

### 5.1 Arbeidsprocessen tijdens gebruiksfase

De gebruiksfase kent veel werkprocessen. Deze laten zich het best indelen door uit te gaan van het bouwwerk en de wijze waarop ondergrondse ruimten worden gebruikt. Een veel gehanteerde indeling in functionele categorieën is de volgende (zie bijvoorbeeld *Handboek ondergronds bouwen*<sup>9</sup> en *Strategische studie ondergronds bouwen*<sup>10</sup>):

- Ondergrondse voorzieningen: kleine infrastructuur (leidingen) voor energie- en watertransport,
- Transport: infrastructurele voorzieningen voor personen- en goederenvervoer,
- Wonen, werken en vrijetijdsbesteding,
- Opslag.

In dit onderzoek wordt de eerste categorie niet meegenomen, aangezien deze functie in de meeste gevallen geen ondergrondse arbeid met zich meebrengt. Alleen arbeidsprocessen en functies welke relevant zijn voor dit onderzoek, zullen in dit onderzoek nader worden beschouwd:

- Transport,
- Werken en vrijetijdsbesteding,
- Opslag.

In de volgende paragrafen wordt op een globale wijze gekeken naar bij dat gebruik te onderscheiden arbeidsprocessen en de daaraan verbonden specifieke

---

<sup>9</sup> Arends, G. Handboek ondergronds bouwen, Deel 1 – ondergronds bouwen in breed perspectief, COB, 1997

arborisico's. Door middel van de analyse van genoemde categorieën arbeidsprocessen tijdens de gebruiksfase van ondergrondse bouwwerken wordt gekeken naar arborisico's, zoals ook gedaan is voor de bouwfase. Het gaat dan om algemene gevaren en gevaren per gebruiksfunctie. Algemene risico's van arbeid in ondergrondse ruimtes die te maken hebben met daglicht, uitzicht, ventilatie en gevaren tijdens calamiteiten zijn in een apart overzicht weergegeven.

Per gebruiksfunctie beschrijven we de werkzaamheden en indien mogelijk de processen. Hieraan worden de gevaren bij het verrichten van ondergrondse arbeid gekoppeld.

### 5.1.1 Algemene arborisico's in de gebruiksfase

In Tabel 5.1 zijn de arborisico's weergegeven die in het algemeen voorkomen bij ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud. De gebruikte structuur sluit aan op de analysemethode voor arborisico's zoals beschreven in hoofdstuk 3.

**Tabel 5.1 Algemene arborisico's van ondergrondse bouwwerken in de gebruiksfase**

Risicofactoren	Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)	Werkzaamheden
<b>B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek</b>	Gevaar door verblijf in beperkte fysieke ruimtes	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in beperkte (suboptimale) fysieke ruimtes
		Calamiteiten tijdens ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
	Beperkt of ontbrekend daglicht en uitzicht	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
	Gevaar door uitvallen of ontbreken van voldoende kunstverlichting	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
		Calamiteiten tijdens gebruik, inspectie en onderhoud

<sup>10</sup> Krogt, R.A.A. van der (red.), Strategische studie ondergronds bouwen, COB-studie N710, COB, 1997

<b>Risicofactoren</b>	<b>Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)</b>	<b>Werkzaamheden</b>
<b>B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek (vervolg)</b>	Gevaar door onvoldoende luchtkwaliteit	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud Calamiteiten tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
	Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening	Calamiteiten tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
<b>C. Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia</b>	Gevaar door aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
	Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud met gebruik en opslag brandbare materialen en stoffen Calamiteiten tijdens gebruik, inspectie en onderhoud met gebruik en opslag brandbare materialen en stoffen
	Gevaar door aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimtes	Calamiteiten tijdens gebruik, inspectie en onderhoud met gebruik en opslag brandbare materialen en stoffen
<b>D. Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek</b>	Technische risico's door ontwerp van installaties en machines tijdens gebruik en bij uitvallen	Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in opslagruimten
	Gevaar door instorting constructie	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
	Gevaar door instroom van water	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
<b>E. Organisatorische en (inter)menselijke aspecten</b>	Gevaar door onvoldoende communicatie	Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
<b>F. Psychische aspecten</b>	Beleving verblijf in besloten ondergrondse ruimtes	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
	Gevaar door agressie door schuilende derden	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud
	Gevaar door suboptimaal vluchtgedrag bij verblijf in besloten ondergrondse ruimtes	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud Calamiteiten tijdens gebruik, inspectie en onderhoud

### **5.1.2 Specifieke arborisico's in de gebruiksfase**

De in de gebruiksfase onderscheiden categorieën ruimtegebruik, transport, werken en vrijetijdsbesteding en opslag, worden hier verder uitgewerkt. In Tabel 5.2 zijn de per categorie onderscheiden risico's samengevat. De reeds in Tabel 5.1 genoemde algemene activiteiten en bijbehorende arborisico's worden hierin in principe niet meer vermeld.

#### **Transport**

Voor dit onderzoek zijn twee soorten transport onderscheiden: ondergronds wegtransport en spoortransport.

Ondergronds wegtransport betreft het transport van personen en/of goederen over de weg. Dit vindt vooral plaats in tunnels, maar ook de bagageafhandeling op Schiphol is hiervan een voorbeeld. Daarnaast vindt in deze gebruikssituatie inspectie en onderhoud plaats aan de ondergrondse wegtransportsystemen. Dit kunnen wegreparatiewerkzaamheden zijn, werkzaamheden aan de tunnelbuizen zelf of aan technische installaties. Werknemers betreffen bijvoorbeeld de chauffeurs en machinisten die bij onderhoud zijn betrokken, wegwerkers inspectiemedewerkers en onderhoudsmonteurs.

Ondergronds spoortransport betreft het transport van personen en/of goederen over het spoor (trein, metro, tram). Dit vindt plaats in tunnels en in de toekomst mogelijk in kleinschalige productiebedrijven. Daarnaast vindt onderhoud van het spoor plaats in deze ruimten. Werknemers betreffen bijvoorbeeld machinisten, conducteurs, inspecteurs en onderhoudsmonteurs.

De in het spoorstelsel opgenomen stations, personeelsruimten e.d. zijn deels ondergronds gesitueerd. Werkzaamheden zijn verkoop, controle, overleg en "ontspanning". In de productiebedrijven zijn tevens operators aanwezig.



## **Werken en vrijetijdsbesteding**

Voor het inventariseren van arborisico's in de categorie is gebruik gemaakt van het volgende onderscheid in ruimtegebruik: industrieel en overige ruimten voor werk en vrije tijdsbesteding.

In (toekomstige) ondergrondse industrieruimtes vindt productie van materiële goederen en energie plaats. Hierbij kan gedacht worden aan alle soorten industrie waar half- en eindfabrikaten worden geproduceerd zoals de petrochemische industrie of de levensmiddelenindustrie. In deze ruimten zijn veel verschillende functiegroepen te identificeren, vergelijkbaar met een bovengronds industrieel bedrijf. Te denken valt aan operators, onderhoudsmonteurs en leidinggevendenden. Naast gevaren aan het gebruik van diverse stoffen en arbeidsmiddelen, moet nog een ander risicoaspect worden opgemerkt. Industriële activiteiten in ondergrondse ruimten kunnen gedurende de levensduur van de ruimte wat betreft de aard van de activiteiten of de capaciteit sterk veranderen door bijvoorbeeld groei of uitbreiding van activiteiten. Dit kan mogelijk van invloed zijn op de arbeidsveiligheid.

De werk en vrije tijdsbestedingactiviteiten betreffen dienstverlening (dienstverlening in stations, kantoren, parkeergarages, zorg verlenen in ziekenhuizen, verzorgingstehuizen etc.), verkoopactiviteiten, onderwijs geven, horeca activiteiten en onderhoudswerkzaamheden. Werknemers zijn met name dienstverleners (beveiligingspersoneel, zorgverleners, kantoormedewerkers, schoonmakers), leidinggevendenden, winkelpersoneel, onderwijsgevendenden, horecapersoneel en onderhoudsmonteurs.

## **Opslag**

Bij ondergrondse ruimtes voor opslag van gevaarlijke stoffen vindt arbeid plaats doordat de opgeslagen goederen vervoerd moeten worden en er onderhoud noodzakelijk is. In geval van calamiteiten als brand en explosies kunnen de gevaarlijke stoffen vrij komen.

Bij de opslag in ondergrondse ruimten kunnen gevaarlijke stoffen zich in het algemeen niet gemakkelijk verspreiden waardoor concentraties snel toenemen en werknemers aan relatief grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen blootgesteld kunnen worden.

Voor de overige opslag (opslag van ongevaarlijke stoffen en parkeren) geldt met name dat specifieke ondergrondse risico's zijn verbonden aan de mogelijke inzet en aanwezigheid van arbeidsmiddelen of voertuigen met verbrandingsmotoren en aan transport in beperkte besloten ruimtes met weinig manoeuvreerruimte waardoor een verhoogde kans op arbeidsongevallen bestaat.

In Tabel 5.2 zijn de bijzondere ondergrondse arborisico's die kunnen optreden tijdens werken in opslag ruimten.

**Tabel 5.2 Specifieke arborisico's bij ondergronds transport, werken en vrijetijdsbesteding, en opslag**

Risicofactoren	Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)	Typerend voor gebruiksfase			Werzaamheden
		Transport	Werken en vrijetijdsbesteding	Opslag	
<b>B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek</b>	Gevaar door effectverhoging van geluid en trillingen door besloten ruimte en resonantie	X			Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud verkeerswegen
	Gevaar door drukgolf vanwege passerend verkeer	X			Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in besloten (industriële-, stations-, horeca-, cultuur-) ruimten
	Gevaar door oplopen omgevingstemperatuur		X		Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in (industriële-)ruimten met oplopend omgevingstemperatuur (generatoren, compressoren, arbeidsmiddelen, beeldschermen etc.)

Risicofactoren	Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)	Typerend voor gebruiksfase			Werkzaamheden
		Transport	Werken en vrijtijdsbesteding	Opslag	
<b>B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek (vervolg)</b>	Gevaar door oplopen omgevingstemperatuur (vervolg)			X	Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in ruimten met oplopend omgevingstemperatuur (motoren, koelinstallaties, generatoren, compressoren etc.)
<b>C. Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia</b>	Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes	X			Arbeid tijdens onderhoud verkeerswegen met gebruik toxische stoffen (lekkage herstel, asfalteren etc.)
			X		Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in (industrie-)ruimten bij gebruik toxische stoffen
				X	Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in opslagruimten bij gebruik/opslag toxische stoffen
	Gevaar door aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimtes	X			Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud verkeerswegen
			X		Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in (industriële-)ruimten bij inzet arbeidsmiddelen met verbrandingsmotoren
				X	Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in opslagruimten bij inzet arbeidsmiddelen/voertuigen met verbrandingsmotoren (bv. parkeren)
<b>D. Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek</b>	Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal	X			Aanvoeren en afvoeren personen en materiaal tijdens gebruik, inspectie en onderhoud verkeerswegen
			X		Aanvoeren en afvoeren personen en materiaal in (industriële-)ruimten

Risicofactoren	Gevaren (gevolgen benoemd in hoofdstuk 9)	Typerend voor gebruiksfase			Werkzaamheden
		Transport	Werken en vrijtijdsbesteding	Opslag	
<b>D. Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek (vervolg)</b>	Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal (vervolg)			X	Aanvoeren en afvoeren personen en materiaal in opslagruimten (bv. parkeren)
	Gevaar door vrijkomen gevaarlijke gassen en dampen bij arbeidsmiddelen	X			Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud verkeerswegen
	Gevaar door vrijkomen gevaarlijke gassen en dampen bij arbeidsmiddelen		X	X	Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in (industriële-)ruimten bij inzet arbeidsmiddelen met verbrandingsmotoren of gebruik/opslag gevaarlijke stoffen
	Technische risico's door ontwerp van installaties en machines tijdens gebruik en bij uitvallen		X		Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in (industriële-)ruimten

## 6 Arborisico's ondergrondse bouwwerken

In de twee voorgaande hoofdstukken is een aantal algemene en specifieke arbeidsprocessen in de bouw- en gebruiksfase geanalyseerd. Uit deze procesanalyses volgen met behulp van de checklistmethode en de groslijst van risicofactoren een aantal gevaren die specifiek zijn voor arbeid in ondergrondse bouwwerken. Deze lijst wordt in dit hoofdstuk gepresenteerd en geclusterd weergegeven per risicofactor.

**Tabel 6.1 Overzicht gevaren in ondergrondse bouwwerken**

Risicofactoren	Gevaren	Code
<b>A. Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)</b>	Gevaar door onverwachte bodemgesteldheid (slappe grond, waterlopen enz.)	<b>A1</b>
	Gevaar door aanwezigheid vervuilde grond, gassen en dampen in de bodem	<b>A2</b>
	Gevaar door aanwezigheid onverwachte obstakels in de bodem (kabels, leidingen enz.)	<b>A3</b>
	Gevaar door aanwezigheid explosieven in de bodem	<b>A4</b>
	Gevaar voor of vanwege belendingen en aanwezig publiek bij ondergrondse bouwactiviteiten	<b>A5</b>
<b>B. Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek</b>	Gevaar door verblijf in beperkte fysieke ruimtes	<b>B1</b>
	Beperkt of ontbrekend daglicht en uitzicht	<b>B2</b>
	Gevaar door uitvallen of ontbreken van voldoende kunstverlichting	<b>B3</b>
	Gevaar door onvoldoende luchtkwaliteit	<b>B4</b>
	Gevaar door effectverhoging van geluid en trillingen door besloten ruimte en resonantie	<b>B5</b>
	Gevaar door drukgolf door passerend verkeer	<b>B6</b>
	Gevaar door oplopende omgevingstemperatuur	<b>B7</b>
	Gevaar door duikarbeid en werken onder overdruk	<b>B8</b>
	Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening	<b>B9</b>

Risicofactoren	Gevaren	Code
<b>C. Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia</b>	Gevaar door aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes	<b>C1</b>
	Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes	<b>C2</b>
	Gevaar door aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimtes	<b>C3</b>
	Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen	<b>C4</b>
<b>D. Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek</b>	Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal	<b>D1</b>
	Technische risico's door ontwerp van installaties en machines tijdens gebruik en bij uitvallen	<b>D2</b>
	Gevaar door beschadigen/afsnijden aanvoerlijnen	<b>D3</b>
	Gevaar door montage zware elementen in besloten ruimtes	<b>D4</b>
	Gevaar door instorting constructie	<b>D5</b>
	Gevaar door instroom van water	<b>D6</b>
<b>E. Organisatorische en (inter-) menselijke aspecten</b>	Gevaar door werken in grote en complexe organisaties	<b>E1</b>
	Gevaar door taal- en cultuurverschillen	<b>E2</b>
	Gevaar door onvoldoende communicatie	<b>E3</b>
	Gevaar door uitvoeren van technisch complexe, nieuwe en innoverende technieken en projecten	<b>E4</b>
	Gevaar door hoge moeilijkheidsgraad arbeid	<b>E5</b>
	Gevaar door hoge werkdruk	<b>E6</b>
	Gevaar door lange werktijden	<b>E7</b>
<b>F. Psychische aspecten</b>	Beleving verblijf in besloten ondergrondse ruimtes	<b>F1</b>
	Gevaar door agressie door schuilende derden	<b>F2</b>
	Gevaar door suboptimaal vluchtgedrag bij verblijf in besloten ondergrondse ruimtes	<b>F3</b>

De codering in Tabel 6.1 vormt de index van de gevaren bij de presentatie van de maatregelen en wetgeving in hoofdstuk 9 in de vorm van arborisco-infobladen.

## **7 Bronnen van voorschriften**

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van wettelijke voorschriften die van toepassing (kunnen) zijn op ondergronds bouwen en werken in Nederland. Daarnaast is er gekeken naar vergelijkbare wetgeving in twee andere landen (Oostenrijk en de Verenigde Staten) en naar wetgeving op supranationaal niveau (International Labour Organization en de Europese Unie). Deze relatie tussen wetgeving en specifieke risico's wordt in tabelvorm in hoofdstuk 9 getoond. Er is uitgegaan van de primaire in plaats van specifieke ondergrondse arborisico's.

### **7.1.1 Nederlandse wetgeving**

De Nederlandse arbowetgeving is geheel gescreend op relevante voorschriften. Dat zijn formeel juridisch de zogenaamde algemeen verbindende voorschriften. Algemeen verbindende voorschriften zijn wetten (Arbowet), algemene maatregelen van bestuur (Arbobesluit) en Ministeriële regelingen (Arboregeling). Hoewel ze formeel juridisch niet worden beschouwd als wetgeving, zijn ook de relevante eisen uit de Beleidsregels Arbeidsomstandigheden opgenomen. Eventuele relevante normbladen (NEN-, EN-, ISO-, DIN-normen etc.) zijn niet opgenomen, tenzij die in de betreffende Beleidsregels expliciet zijn gegeven. Het betreft hier immers geen wettelijke voorschriften (tenzij ze expliciet in de wetgeving staan genoemd). Daarnaast zijn de relevante eisen uit de Woningwet en het Bouwbesluit 2003 opgenomen. Deze laatste treden voorzover aangegeven in artikel 3.1a van het Arbeidsomstandighedenbesluit in de gebruiksfase van een gebouw in de plaats van de voorschriften van het Arbobesluit. De Woningwet en het Bouwbesluit bevatten een aantal bouwtechnische voorschriften met betrekking tot arbeidsomstandigheden. De arbowetgeving is vooral gericht op gebruik van de werkomgeving de organisatorische aspecten van het bouwproces en op een reductie van de gevaren die samenhangen met het bouwen en de daarbij te gebruiken arbeidsmiddelen.

De organisatorische voorschriften ter preventie van arbeidsongevallen en beroepsziekten vormen een rode draad in de arbowetgeving. Daarom zijn in de arbowetgeving ook enkele middelvoorschriften voorgeschreven. Daarbij is iedere werkgever verplicht om de risico's te inventariseren en te beoordelen (de risico-inventarisatie en –evaluatie (RI&E)). Op basis van de RI&E moet iedere werkgever een plan van aanpak opstellen, waarin o.a. wordt aangegeven welke risico's zullen worden aangepakt, door wie, met welk budget en wanneer dit moet zijn afgerond. Ieder jaar is de werkgever vervolgens verplicht om een rapportage op te stellen over de voortgang van het plan van aanpak. Deze voorschriften, feitelijk onderdeel uitmakend van een arbozorgsysteem, staan voorgeschreven in artikel 5 van de Arbowet.

Voor de bouw is zelfs een gedetailleerder RI&E verplicht: het veiligheids- en gezondheidsplan (V&G-plan). Het opmerkelijke aan dit V&G-plan is dat het de opdrachtgevers in de bouw dwingt om reeds in de ontwerpfase na te denken over de consequenties van het ontwerp voor de arbeidsomstandigheden tijdens de daadwerkelijke realisatie (uitvoering) van de bouw. De verplichtingen m.b.t. het bouwproces staan beschreven in afdeling 5, hoofdstuk 2 van het Arbobesluit.

Bovengeschetste verplichtingen vormen het fundament van het arbobeleid binnen iedere organisatie, of zou dat althans moeten zijn.

Andere wetgeving komt niet tot nauwelijks aan de orde. Hetgeen niet wil zeggen dat deze wetgeving voor bepaalde aspecten niet van belang kan zijn. Milieu- en ruimtelijke ordeningswetgeving, zoals de Wet Milieubeheer en de Wet op de Ruimtelijke Ordening, of rijkswaterstaatswetgeving zoals de Wet beheer rijkswaterstaatswerken kunnen relevant zijn voor ondergronds bouwen en werken, maar staan toch relatief ver af van de gesignaleerde arborisico's. Wetgeving die organisatorische aspecten rond calamiteiten reguleert, zoals de Wet Rampen en Zware Ongevallen, de Brandweerwet 1985 en de Gemeentewet, zijn belangrijk maar staan op zekere afstand van het primaire proces van ondergronds bouwen en werken. Ook transportwetgeving, zoals de Spoorwegwet, de Wegenverkeerswet en



de Wet Goederenvervoer over de Weg, komen in het overzicht niet aan de orde. De enige wet die relevant zou kunnen zijn gezien de naam, de Tunnelwet Westerschelde, bevat geen voor dit onderzoek relevante voorschriften.

### **7.1.2 Buitenlandse wetgeving**

De Nederlandse wetgeving wordt voor een belangrijk deel mede bepaald door wetgeving vanuit de Europese Unie en voor een kleiner deel door de in mondiaal verband afgesloten International Labour Organization (ILO)-verdragen. EU-richtlijnen die arbozaken behandelen zijn vertaald in Nederlandse regelgeving. Deze zijn niet apart onderzocht. Wel zijn EU richtlijnen op aanpalende terreinen bekeken en in paragraaf 7.1.4 kort aan de orde gesteld. De door ILO gepubliceerde verdragen en dergelijke met betrekking tot arbeidsomstandigheden zijn bekeken voorzover die zich met ondergronds werken bezighouden. Suggesties uit genoemde internationale regelgeving zijn niet in de tabel in hoofdstuk 9 opgenomen omdat die nauwelijks iets toevoegen aan hetgeen daarin gesteld is, en zijn vooral waardevol als analogie.

Er is uitgebreid gekeken naar de wetgeving in andere landen m.b.t. ondergronds bouwen en werken. Daarbij is enerzijds gekeken naar enkele Europese landen, zoals Zwitserland, Oostenrijk en Duitsland en anderzijds naar enkele niet-Europese landen, namelijk Australië, Canada en de Verenigde Staten. Uiteindelijk is er gekozen voor de wetgeving uit Oostenrijk en de Verenigde Staten. De keuze voor de Oostenrijkse wetgeving (de Bauarbeiterschutzverordnung) is simpel en pragmatisch: de wetgeving en de wetgevingstructuur is vergelijkbaar met die uit Zwitserland en Duitsland, maar de Oostenrijkse wetgeving was overzichtelijker samengebracht en gemakkelijker te raadplegen dan de Duitse en Zwitserse. Daarnaast blijken de voorschriften uit deze drie landen niet fundamenteel van elkaar te verschillen. De keuze voor de Verenigde Staten was vooral ingegeven door het feit dat de relevante wetgeving van Canada en Australië nogal was verbrokkeld over de diverse staten binnen deze landen. De Verenigde Staten kent in ieder geval één federale wet voor ondergronds bouwen (het onderdeel

“Underground Construction, Caissons, Cofferdams and Compressed Air” van de “Safety and Health Regulations for Construction).

De relevante voorschriften uit Oostenrijk en de Verenigde Staten zijn wél opgenomen in het tabellarisch overzicht.

### **7.1.3 International Labour Organization**

De International Labour Organization (ILO) is een gespecialiseerde afdeling van de Verenigde Naties die tot doel heeft sociale gerechtigheid en international erkende rechten van de mens en arbeid te bevorderen. De Lid-Staten van de ILO, waaronder Nederland, zijn niet verplicht de door de ILO ontwikkelde en vastgestelde verdragen op te nemen in de eigen wetgeving (ratificeren). Dit in tegenstelling tot de EU-richtlijnen.

De ILO heeft twee verdragen gemaakt die te maken (kunnen) hebben met ondergronds bouwen:

1. Safety and Health in Construction Convention, 1988 (C167). Aan dit verdrag is gekoppeld de aanbeveling Safety and Health in Construction Recommendation 1988 (R175).
2. Safety and Health in Mines Convention, 1995 (C176). Aan dit verdrag is gekoppeld de aanbeveling Safety and Health in Mines Recommendation (R183).

Beide verdragen zijn overigens niet door Nederland geratificeerd.

#### **Safety and Health in Construction Convention**

Op basis van artikel 2, onder a, sub ii, van de Construction Convention kan worden gesteld dat ondergronds bouwen impliciet valt onder de definitie van ‘civil engineering’. Immers in de definitie wordt ook gesproken van ‘tunnels’.

Het e.e.a. wordt expliciet gemaakt in artikel 19 van de Construction Convention.

De titel van dit artikel is: Excavations, Shafts, Earthworks, Underground Works and Tunnels. In dit artikel worden 5 voorschriften gegeven m.b.t. ondergronds bouwen. Kort gezegd komen die neer op:

- Bescherming van werknemers tegen het neervallen van aarde en steen (art. 19, lid a);
- Bescherming van werknemers tegen het vallen van hoogte of tegen het vallen van materialen en objecten, alsmede het voorkómen van de instroom van water (art. 19, lid b);
- Het verzekeren van een adequate ademhalingsatmosfeer en bescherming tegen het ontstaan van gassen, dampen en stof (art. 19, lid c);
- Ontvluchting in geval van brand, instroom van water en neerstortende aarde of steen (art. 19, lid d);
- Bescherming van werknemers tegen mogelijke ondergrondse gevaren als vloeistoffen en gas, d.m.v. adequaat onderzoek om dit te lokaliseren (art. 19, lid e).

### **Safety and Health in Construction Recommendation**

Ook in deze aanbeveling wordt expliciet aandacht besteed aan ondergronds bouwen. Artikel 34 heeft als titel: Excavations, Shafts, Earthworks, Underground Works and Tunnels. Het artikel schrijft voor:

- Dat het bouwen, veranderen of afbreken van schoren, schragen en stutten altijd moet plaatsvinden onder toezicht van een bevoegd persoon.

Zowel het verdrag en de aanbeveling van de ILO inzake de bouw zijn van toepassing voor ondergronds bouwen, maar de relevantie van de voorschriften voor ondergronds bouwen is zeer beperkt. Uiteindelijk worden er in twee artikelen enkele generieke voorschriften voor ondergronds bouwen gegeven.

### **Safety and Health in Mines Convention en Safety and Health in Mines Recommendation**

Dit verdrag en deze aanbeveling zijn in principe niet van toepassing op ondergronds bouwen, want artikel 1, lid 1 onder a. spreekt over typische mijnbouwactiviteiten gericht op het verkrijgen en bewerken van delfstoffen.

Ondergronds bouwen en werken, niet zijnde delfstofwinning, vallen dus niet onder deze regelgeving. Dit is een opmerkelijke conclusie, die mutatis mutandis ook geldt voor andere wetgevingscomplexen dan die van de ILO.

De huidige Nederlandse arbowetgeving m.b.t. de winningsindustrie bevat vele voorschriften die qua inhoud en strekking goed zouden passen op ondergronds bouwen en werken, maar deze wetgeving geldt alleen voor die ondernemingen die delfstoffen exploreren en exploiteren.

#### **7.1.4 EU-richtlijnen**

De Europese Unie heeft vele richtlijnen ontwikkeld op het terrein van arbeids- en productveiligheid, met name in de jaren tachtig en negentig van de vorige eeuw. Twee richtlijnen inzake arbeidsveiligheid zijn van belang voor ondergronds bouwen/werken. De ene richtlijn heeft betrekking op mijnbouw door middel van boringen en de andere richtlijn op mijnbouw in dagbouw of ondergronds. Deze richtlijnen zijn formeel juridisch gericht op de mijnbouw d.w.z. op de winning van delfstoffen en dus niet op andere ondergrondse activiteiten, maar de materiele voorschriften zijn inhoudelijk voor dit onderzoek wel van belang. Immers de inhoud van die voorschriften zouden ook bruikbaar kunnen zijn voor ondergronds bouwen en ondergronds werken. De genoemde richtlijnen zijn allen verwerkt in de Nederlandse arbowetgeving en dus ook in dit onderdeel van het onderzoek. Maar ook de arbowetgeving beperkt de toepassing van deze (van oorsprong EU) regelgeving af tot het winnen van delfstoffen.

Daarnaast heeft de Europese Commissie in het kader van een Europees vervoersbeleid medio 2002 een ontwerp-richtlijn inzake minimale veiligheidseisen voor tunnels in het transeuropese wegennet uitgebracht (hierna te noemen: de richtlijn). Hoewel het gaat om een ontwerp-richtlijn, is er een aantal onderdelen van deze richtlijn dat van belang kan zijn voor dit onderzoek.

Deze richtlijn heeft primair de verkeersveiligheid op het oog, maar kan qua systematiek ook model staan voor een integrale aanpak voor de veiligheid van

werknemers in tunnels en andere complexe ondergrondse bouwwerken in het algemeen. In een aantal gevallen wordt de veiligheid van werknemers ook expliciet genoemd in de richtlijn, zoals in artikel 7, lid 1, alwaar gesproken wordt over de veiligheid van tunnelpersoneel. Zoals het er nu naar uitziet zal deze ontwerp-richtlijn in oktober 2003 door de Europese Transportraad worden vastgesteld. Medio juni 2004 zal de definitieve richtlijn dan verschijnen in het Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen. Vanaf dat moment krijgen de Lid-Staten anderhalf á twee jaar de tijd om de richtlijn in de nationale wetgeving te implementeren.

Hieronder volgt een korte beschrijving van enige relevante onderdelen van deze richtlijn.

### **Europese tunnelrichtlijn**

De richtlijn schrijft in artikel 3 voor dat de lidstaten hun tunnels moeten laten voldoen aan een flink aantal veiligheidsmaatregelen. Deze veiligheidsmaatregelen zijn weer gerelateerd aan 5 verschillende tunnelklassen. Tabel 7.1 toont een overzicht van de typen voorzieningen die worden vereist of geadviseerd.

Daarnaast eist de richtlijn van iedere Lid-Staat een aantal organisatorische maatregelen m.b.t. tunnelveiligheid.

Zo moet er een bestuursorgaan worden aangewezen door de lidstaten die de algemene verantwoordelijkheid voor **alle** veiligheidsaspecten van de tunnel dragen (art. 4). Daarnaast moet er een inspectiedienst worden aangewezen die namens het bestuursorgaan evaluaties, tests of inspecties uitvoeren (art. 5). De inspectiedienst voert regelmatig inspecties uit, met als maximale periode tussen iedere inspectie: 5 jaar. Op basis van de uitkomsten van deze inspectie kan het bestuursorgaan de opdracht geven de tunnel opnieuw in te richten (art. 12).

**Tabel 7.1 Typen voorzieningen in tunnels volgens de Europese tunnelrichtlijn**

<b>Categorie van voorziening</b>	<b>Type voorziening</b>
<b>Verlichting</b>	Permanente verlichting
	Veiligheidsverlichting
	Elektriciteitsvoorziening
<b>Communicatie</b>	Noodtelefoon
	Radio-uitzendingen
	Luidsprekers
	Noodstations
	CCTV (gesloten televisieschakeling)
	Variabele informatieborden
<b>Verkeersbeheersing</b>	Voorzieningen om de tunnel af te sluiten
	Voorzieningen om voertuigen in de tunnel te stoppen
	Voorzieningen om de hoogte van voertuigen te controleren
	Controlecentrum
<b>Incidentdetectie</b>	Automatische incidentdetectie
	Brandmelding
	Handmatige alarmfunctie
	Automatische alarmvoorzieningen
	Ventilatie
<b>Interventieprogramma's</b>	Brandblusapparatuur
	Brandkranen
	Watervoorziening
<b>Bestendigheid</b>	Brandbestendigheid van constructie en voorzieningen
	Ontsnappingsroutes
	Nooduitgangen
	Nooddooorgangen voor reddingsdiensten
	Noodgangen
<b>Structurele maatregelen</b>	Uitwijkhavens
	Vluchtstroken
	Oversteken middenberm
	Schuilgelegenheden met reddingsmogelijkheden
<b>Brandweer bij portaal</b>	

De richtlijn legt tevens de verplichting op om per tunnel een tunnelbeheerder aan te stellen. Dit kan een particuliere of openbare organisatie zijn die verantwoordelijk is voor het beheer van die tunnel. In geval van een incident of een ongeval stelt de tunnelbeheerder een toelichtend verslag of een onderzoeksrapport op (art. 6).

De tunnelbeheerder stelt voor iedere tunnel een veiligheidsbeambte aan, die de supervisie heeft over alle preventieve maatregelen en veiligheidsmaatregelen ter verzekering van de veiligheid van tunnelgebruikers en tunnelpersoneel (art. 7). De tunnelrichtlijn heeft daarmee ook een arbo-component gekregen, immers hier wordt gerefereerd aan de veiligheid van tunnelwerknemers alsmede aan bedrijfshulpverlening t.o.v. diezelfde werknemers. Deze veiligheidsbeambte is onafhankelijk en is geen gehoorzaamheid verschuldigd aan zijn/haar werkgever. Mede uit het takenpakket van de veiligheidsbeambte blijkt dat het hier gaat om een het zogenaamde integrale tunnelbeheer.

Onder verantwoordelijkheid van het bestuursorgaan stelt een onafhankelijk orgaan een risicoanalyse op. Deze analyse heeft betrekking op de risico's van een gegeven tunnel, waarbij rekening wordt gehouden met ontwerpaspecten en verkeersomstandigheden die van invloed kunnen zijn op de veiligheid (art. 13). De richtlijn bevat tevens het voorschrift (art. 14) dat het bestuursorgaan kan afwijken van de in deze richtlijn beschreven technologieën indien daarvoor een door de tunnelbeheerder goed onderbouwd verzoek komt. Voorwaarde is wel dat het alternatief een beter beschermingsniveau (lid 1 van art. 14) biedt dan die in de richtlijn en dat de afwijking tevens wordt aangevraagd bij de Europese Commissie.

Bijlage II van de richtlijn bevat een procedure m.b.t.:

- De goedkeuring van het tunnelontwerp;
- De eisen aan de veiligheidsdocumentatie, die voor iedere tunnel aanwezig moet zijn, hierbij moet ook betrokken worden de maatregelen die zijn getroffen t.a.v. de werknemers op een bouwlocatie;
- De openstelling van de tunnel;
- Eventuele wijzigingen in de constructie en werking van de tunnel;
- Periodieke oefeningen.

De eisen aan verkeersborden voor tunnels zijn ondergebracht in Bijlage III van de richtlijn.





## **8 Bronnen van maatregelen**

Maatregelen en voorzieningen zijn nodig om de kans of om het effect van de arborisico's te beperken, volgens het principe van de veiligheidsketen. Het vorige hoofdstuk geeft weer welke wetgeving er van toepassing is en welke soort eisen die stelt aan de beheersing van arborisico's bij ondergronds bouwen en werken.

Bij maatregelen gaat het erom het optreden van gevaren te voorkomen of de gevolgen van het optreden van gevaren te beperken. Per genoemd risico zijn verschillende maatregelen mogelijk. Tevens kan één maatregel geschikt zijn voor verschillende risico's, en kunnen maatregelen elkaar ook beïnvloeden. Veel maatregelen worden juist ook in combinatie toegepast.

De verschillende bronnen van (beheers-)maatregelen die in dit onderzoek naast de eigen expertise van TNO zijn geïdentificeerd, zijn gestructureerd weergegeven aan de hand van een soort bron: literatuur, bedrijfs/projectdocumentatie en risico-inventarisaties, wetgeving en interviews. De van toepassing zijnde wetgeving is in het vorige hoofdstuk besproken.

De basis voor het onderzoek van bronnen is gevormd door de lijst met arborisico's uit hoofdstuk 3. Dit hoofdstuk geeft inzicht in die bronnen. Een uitgebreide omschrijving van de werkwijze is te vinden in Bijlage I. In volgende worden de bronnen (literatuur, bedrijfsdocumenten en interviews) nader toegelicht.

### **8.1.1 Literatuur**

Door het COB is al een grote hoeveelheid maatregelen geïdentificeerd in studies naar de veiligheid in ondergrondse bouwwerken, zoals 'risicoanalyse bouwphase boortunnels'<sup>11</sup> (N510-01) en 'leidraad bij de besluitvorming'<sup>12</sup>. In deze studies wordt aangegeven welke veiligheidsaspecten een rol spelen bij beslissingen over

---

<sup>11</sup> COB, Risicoanalyse bouwphase boortunnels, CUR/COB N510-01, Gouda, 1997

<sup>12</sup> COB/Min. BZK, Leidraad en studies ondergrondse bouwwerken, N120, Gouda/Den Haag, 1999

een ondergronds bouwwerk. Ook wordt in deze studies een grote hoeveelheid maatregelen en voorzieningen opgesomd om veiligheid tijdens de bouw en het gebruik te vergroten. De focus in deze studies op veiligheid maakt een vertaalslag naar arbeidsomstandigheden nodig. Het COB heeft ook een studie uitgevoerd naar arbeidsomstandigheden van het boorproces (N800)<sup>13</sup>.

Naast de COB-studies zijn er ook andere bronnen waaruit geput kan worden voor de inventarisatie van maatregelen. Dit varieert van studies naar gevaren, zoals bijvoorbeeld de Senter-studie naar daglichtbeleving ondergronds<sup>14</sup>, tot objectgerelateerde studies, bijvoorbeeld de beoordeling veiligheidsmaatregelen uitvoeringsfase Sophiaspoortunnel. Het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties heeft een handreiking geschreven over de veiligheid in boortunnels tijdens de bouwfase, waarin maatregelen beschreven worden in de vorm van doelstellingen (bijvoorbeeld 'het zo snel mogelijk en adequaat beëindigen van een incident')<sup>15</sup>.

Verder schrijven veel Engelstalige documenten en artikelen in vaktijdschriften over arbeidsveiligheid en maatregelen in geboorde tunnels. De gebruikte bronnen worden in het overzicht met literatuur genoemd. In Bijlage VI worden zij apart opgenomen - met de in hoofdstuk 9 toegepaste referentienummers.

### **8.1.2 Bedrijfs- en projectafhankelijke werkdocumenten**

Door respondenten overlegde werkdokumenten zoals risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) en Veiligheid en Gezondheidsplannen (V&G-plannen) werden gebruikt voor de inventarisatie van in de praktijk gebruikte maatregelen. De RI&E heeft inzicht in de risico's op het gebied van veiligheid en gezondheid voor medewerkers en de maatregelen genomen om ongevallen te voorkomen. V&G-plannen bevatten vergelijkbare informatie als de RI&E. In de praktijk blijkt dat

---

<sup>13</sup> Swuste, e.a. Arbeidsomstandigheden boorproces, N800, Gouda, 2001

<sup>14</sup> Luten, I. et. al. Daglichtbeleving ondergronds, sociale veiligheid door licht en zicht, Technologie en Samenlevingreeks, Senter, Den Haag, 1999

V&G-plannen ook benut worden om verantwoordelijkheid ten aanzien van de derden (waaronder publieksveiligheid) te inventariseren.

De bezochte bouwprojecten en een aantal gebruiksobjecten hebben V&G-plannen of RI&E's, waaruit geput kon worden. Voor de Westerscheldetunnel is zelfs een Integraal Veiligheidsplan opgesteld. Calamiteitenplannen vormen vaak een onderdeel van de V&G-plannen of kunnen een maatregel gebaseerd op de RI&E zijn.

### **8.1.3 Interviews**

Ten behoeve van de inventarisatie van maatregelen zijn interviews uitgevoerd met experts, vertegenwoordigers van belangengroeperingen en gebruikersgroepen, en arbodeskundigen van projecten. Met het oog op de bouwfase is gesproken met experts, is een project bezocht om inzicht te krijgen in de beleving van arbeidsomstandigheden en veiligheid door werknemers, en zijn interviews afgenomen met arbo- en veiligheidskundigen van ondergrondse (tunnel)bouwprojecten. Voor het onderzoek naar (beheers)maatregelen in de gebruiksfase zijn interviews gehouden met deskundigen en managers van gebruikersgroepen van winkels, parkeergarages, metro en een bagageafhandelingsstelsel. De keuze voor deze gebruikssituaties is vooral gemaakt omdat deze al ondergronds voorkomen.

Bij de interviews is gebruik gemaakt van een protocol om gestructureerd achter de actieve kennis van de geïnterviewden t.a.v. bekende maatregelen te komen. Het door de onderzoekers opgestelde overzicht van arborisico's met maatregelen is daarna getoond om de inmiddels verkregen inzichten (passief) op volledigheid te toetsen. Waar mogelijk is ook gevraagd naar de aantoonbare effectiviteit van maatregelen. De interviews hebben ook nog enkele aanvullende doelen, namelijk het toetsen en aanvullen van arborisico's en het identificeren en inventariseren van door de geïnterviewden gevolgde wettelijke voorschriften.

---

<sup>15</sup> Ministerie van BZK, Veiligheid in boortunnels tijdens de bouwfase, Den Haag, 2001



## **9 Inventarisatie wetgeving en maatregelen**

Na een overzicht van alle relevante risico's bij arbeid in ondergrondse bouwwerken, en een introductie over hoe en waar welke maatregelen en wetgeving voorhanden is, presenteert dit hoofdstuk op overzichtelijke wijze het hele scala aan maatregelen en wettelijke voorschriften voor arbeidsomstandighedenrisico's. Van alle geïnterviewde gevaren wordt in een arborisico-infoblad aangegeven welke gevolgen dit gevaar heeft en voor wie, welk wettelijk kader toepasbaar is en welke maatregelen beschikbaar zijn. De in de arborisico-infoblad opgenomen gegevens zijn ontleend aan een veelheid van bronnen: literatuur, bedrijfsdocumenten, interviews en expertise TNO. Bij de maatregelen zijn de referenties opgenomen. Bij de gevolgen is dit vanwege hun algemene karakter en evidentie niet gedaan. De laatste paragraaf geeft de synthese weer van wetgeving en maatregelen.

### **9.1 Structuur arborisico bladen**

Gerangschikt per risicofactor, geldend bij arbeid in ondergrondse bouwwerken, wordt per gevaar een tabel gepresenteerd die de relevante maatregelen en wetgeving in kaart brengt. Deze paragraaf legt uit hoe deze tabellen zijn opgebouwd. De gevaren zijn genummerd volgens Tabel 6.1.

#### **Rij 'komt voor bij'**

Deze rij geeft aan in welke situaties en/of activiteiten het gevaar voorkomt. Dat kan zijn bij alle of slechts bij specifieke ondergrondse werkzaamheden, zowel in de bouw- als gebruiksfase. In sommige gevallen komen gevaren voor bij alle ondergronds verblijf. Waar nodig wordt verder gespecificeerd bij welke activiteiten het gevaar geldt. Bij het onderzoek zijn de bouw- en gebruiksfase separaat beschouwd en in interne interviewverslagen en in de hoofdstukken 4 en 5 verwerkt. Bij een bepaald gevaar zijn uiteindelijk alle bevindingen weer samengebracht in de hoofdindeling van hoofdstuk 6 en hoofdstuk 9.

### **Rij ‘gevolgen’**

In hoofdstuk 3 is de samenhang uitgelegd van gevaren en risico's in een ondergrondse context, en de mogelijke gevolgen. De mogelijke gevolgen (effecten) behorend bij het genoemde gevaar zijn in deze rij opgesomd in een zo consequent en fundamenteel mogelijke oorzaak-gevolg keten. Er zijn tevens verwijzingen aangegeven naar relevante samenhangende gevaren.

### **Rij ‘wetgeving’**

Uitgangspunt voor de vermelding van geïnventariseerde wetgeving vormen de gevaren in hoofdstuk 6.

In de rij ‘wetgeving’ zijn die voorschriften opgenomen die het ‘dichtst bij’ het specifieke ondergrondse arborisico thuishoren of die het risico geheel afdekken. In dit selectieproces zitten altijd subjectieve elementen. Immers hoe ver of diep ga je hierin? Getracht is om steeds zo dicht mogelijk bij het betreffende onderwerp ‘in de buurt’ te blijven. Dit heeft ook een praktisch doel, namelijk het voorkómen van eindeloze en daarmee onoverzichtelijke rijen met verplichtingen. Bij (nagenoeg) ieder ondergronds arborisico is aldus een redelijk tot goed gevulde kolom wettelijke voorschriften ontstaan. Ieder relevant voorschrift is in de kern samengevat en wordt afgesloten met de vindplaats van het betreffende voorschrift.

In de rij ‘wetgeving’ komen achtereenvolgens per type gevaar de voorschriften uit de Arbowetgeving aan de orde. Dit kunnen artikelen uit de Arbowet (AW), het Arbobesluit (AB), de Arboregeling (AR) en (hoewel geen wetgeving) de Beleidsregels arbeidsomstandighedenwetgeving (BR) zijn. Dit zijn artikelen uit de Arbowet die op dit moment reeds verplicht zijn voor werkgevers die ondergronds bouwen en/of werken. Vervolgens komen, indien relevant, de voorschriften uit de Woningwet (Ww) en het Bouwbesluit (Bb) aan de orde. Indien voor de gebruiksfase de voorschriften van het Bouwbesluit in de plaats treden van de arbovoorschriften is dat aangegeven. Zo nu en dan wordt er verwezen naar aanpalende regelgeving. Generiek van toepassing zijnde wetgeving en maatregelen,

zoals het geven van voorlichting en instructie, het uitvoeren van een RI&E, het opstellen van plan van aanpak of het maken van een V&G-plan zijn niet telkens genoemd, omdat ze bijna altijd van toepassing zijn. Indien bepaalde gevaren met name beheerst kunnen worden door deze generieke instrumenten is dit aangegeven.

Vervolgens komen de relevante voorschriften uit Oostenrijk aan de orde. Het gaat i.c. om de relevante voorschriften uit de Bauarbeiterschutzverordnung (afgekort: BauV). Binnen deze op de bouw gerichte wetgeving is één hoofdstuk gericht op ondergronds bouwen (Abschnitt 13: Untertagebauarbeiten).

Tot slot komt de relevante regelgeving uit de Verenigde Staten aan de orde. Het betreft hier een hoofdstuk uit de federale regelgeving voor de bouw (Safety and Health Regulations for Construction). Dit hoofdstuk heet: “Underground Construction, Caissons, Cofferdams, and Compressed Air”. In de tabel is hiervoor de afkorting UC gehanteerd.

Voor de volledigheid wordt vermeld dat suggesties uit internationale regelgeving, zoals ILO en EU niet in de tabel zijn opgenomen, omdat deze nauwelijks iets toevoegen vanwege de gerealiseerde inpassing in de Nederlandse regelgeving.

### **Rij ‘maatregelen’**

De maatregelen geven, aangeduid met kansbeperkend (K) of effectbeperkend (E), weer welke specifieke maatregelen in de praktijk genomen worden.

Maatregelen worden in dit verband in de ruime betekenis van het woord opgevat en omvatten zowel technische als organisatorische maatregelen. Wettelijke vereiste instrumenten zoals RI&E, of in het kader van bijvoorbeeld de OHSAS 18001 aanbevolen PAGO e.d. zijn weliswaar ondersteunend aan de in het bedrijfsproces toegepaste beheersmaatregelen en daarmee een middel tot risicobeheersing maar worden in dit verband als maatregel opgenomen. Zij vormen een onmisbare schakel in het beheersen van de kans op een ongeval en het beperken van de effecten.

Bij de presentatie van maatregelen is zoveel mogelijk de volgorde en hiërarchie van de veiligheidsketen aangehouden, dus eerst de bron-aanpak en aan het eind de repressieve maatregelen.

De vermelde maatregelen zijn als gangbaar uit de literatuur of uit projectdocumentatie gehaald of zijn genoemd door een of meerdere geïnterviewden. Gezien het beperkte aantal bronnen en de grote omvang van het onderzoeksveld is geen onderbouwde gangbaarheid van maatregelen te geven.

Na de geïnterviewde praktijkmaatregelen volgen indien relevant, de voorschriften uit het Arbobesluit die betrekking hebben op de winning van delfstoffen ondergronds. Deze voorschriften zijn sinds 1 januari 2003 uit de Mijnbouwwet gehaald en in de Arbowetgeving gekomen. Deze arboregelgeving geldt op dit moment **niet** voor ondergronds bouwen en werken, maar is zeer relevant. De regelgeving voor mijnbouw ondergronds geldt alleen voor winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen. Gezien de toepasselijkheid van diverse mijnbouw ondergronds-voorschriften met betrekking tot de specifieke ondergrondse arborisico's, is ervoor gekozen deze voorschriften in de kolom "maatregelen" op te nemen.

Generiek van toepassing zijnde maatregelen worden slecht genoemd indien bepaalde gevaren met name beheerst kunnen worden door deze generieke maatregelen toe te passen.

De nummers erachter de maatregelen in arbo-infobladen verwijzen naar de bron van de maatregel. In Bijlage VI worden deze bronnen en referentienummers apart opgenomen.



## 9.2 Arborisico-infobladen

Tabel 9.1 Infoblad A1: Gevaar door onverwachte bodemgesteldheid

Risicofactor	Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)	A
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door onverwachte bodemgesteldheid (slappe grond, waterlopen enz.)</b>	A1
Komt voor bij	Ondergrondse (bouw)werkzaamheden	
Gevolgen	Schade of instorting constructie (zie D5: <i>Gevaar door instorting constructie</i> ) Persoonlijke letsel door schade of instorting constructie Overstroming ondergrondse ruimte door schade of instorting constructiemantel (zie D6: <i>Gevaar door instroom van water</i> ) Verdrinking door overstroming ondergrondse ruimte	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebouwen voldoen aan het Bouwbesluit 2003 (artikelen 4 en 44 Ww).</li> <li>• Voor de bouwfase geldt voorts: gebouwen en andere opstallen bestaan uit deugdelijk materiaal en een deugdelijke constructie, waardoor er geen gevaar bestaat voor instorting (Art.3.1a en 3.3, lid 1, AB)</li> <li>• Ter voorkoming van instorting of overstroming zijn doeltreffende talud- of stutvoorzieningen aangebracht (Art. 3.30, lid 1, AB)</li> <li>• Bij grondverzetwerkzaamheden worden uitgegraven aarde, gebruikt materiaal en voertuigen op veilige afstand van de uitgraving gehouden (Art.3.30, lid 2, AB)</li> <li>• Bouwen in afwijking van de bouwvergunning is niet toegestaan. (Art. 4 en 44 Ww in combinatie met afd. 2.1 Bb, en art. 40 Ww.)</li> <li>• Openbaart zich dit na ingebruikname dan geldt: (Art. 13 e.v Ww).</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geotechnisch en hydrostatisch (voor)onderzoek bodem – K [1][2][4]</li> <li>• Monitoring grondgesteldheid tijdens werkproces – K/E [51]</li> <li>• Monitoring verzakkingen – K/E[62]</li> </ul> <i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zo spoedig mogelijk na delving worden ondersteuning aangebracht, tenzij dit niet noodzakelijk is voor de veiligheid van de werknemers. Ondersteuning worden volgens schema's en schriftelijke instructies aangebracht (Art.3.37<sup>E</sup>, lid 1 AB)</li> <li>• Voor werknemers toegankelijk werkplekken worden regelmatig op stabiliteit onderzocht. Bij het onderhoud aan ondersteuning wordt rekening gehouden met dit onderzoek (Art.3.37<sup>E</sup>, lid 2 en 3 AB)</li> </ul>	

**Tabel 9.2 Infoblad A2: Gevaar door aanwezigheid vervuilde grond, gassen en dampen in de bodem**

Risicofactor	Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)	A
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid vervuilde grond, gassen en dampen in de bodem</b>	A2
Komt voor bij	Ondergrondse bouwwerkzaamheden	
Gevolgen	<p>Blootstelling aan gevaarlijke stoffen (zie <i>C4: Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes</i>)</p> <p>Gezondheidsschade door blootstelling aan gevaarlijke stoffen</p> <p>Explosiegevaar</p> <p>Persoonlijke letsel door explosie</p> <p>Schade of instorting constructie door explosie (zie <i>D5: Gevaar door instorting constructie</i>)</p> <p>Persoonlijke letsel door schade of instorting constructie</p> <p>Overstroming ondergrondse ruimte door schade of instorting constructiemantel (zie <i>D6: Gevaar door instroom van water</i>)</p> <p>Verdrinking door overstroming ondergrondse ruimte</p>	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <p>Er gelden twee wettelijke regimes naast elkaar, namelijk Arbowet en Woningwet</p> <p>Arbowet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indien werknemers aan gevaarlijke stoffen (kunnen) worden blootgesteld moet de aard, de mate en de duur van de blootstelling in een RI&amp;E worden beoordeeld, met inachtneming van de voorschriften in deze artikelen. (Art. 4.2 &amp; 4.2a AB)</li> <li>• Onder verontreinigde grond en verontreinigd grondwater wordt verstaan datgene wat staat omschreven in de circulaire 'Streefwaarde en interventiewaarden bodemsanering' van de minister van VROM van 24-2-2000 (Stcr. 39). Inclusief niet-hechtgebonden als hechtgebonden asbest in concentraties hoger dan 10 mg/kg droge stof. (BR 4.2-2, lid 1)</li> <li>• Blootstelling wordt gemeten conform bijlage 8 van deze Beleidsregel en leidt tot hetzij vier risicoklassen voor giftigheid, hetzij drie risicoklassen voor brandbaarheid. (BR 4.2-2, lid 2)</li> </ul> <p>Woningwet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verboden te bouwen op verontreinigde grond voor bouwwerken waarin mensen voortdurend of nagenoeg voortdurend verblijven bij regulier vergunningplichtig bouwen en als de grond wordt geraakt en bij gebruikswijziging en bouwactiviteiten (art. 8, lid 2c, art. 8, lid 4, Ww). Uitwerking inhoud eisen in de gemeentelijke bouwverordening: Openbaart zich dit na ingebruikname dan zijn art. 13 Ww e.v. van belang (art 13 e.v., Ww))</li> </ul>	

Risicofactor	Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)	A
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid vervuilde grond, gassen en dampen in de bodem</b>	A2
Wetgeving (vervolg)	<p><i>I/S</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ondergronds bouwen wordt geclassificeerd als gasgevaarlijk indien: <ul style="list-style-type: none"> <li>uit de luchtmeting een percentage van 10 of meer van de lage explosiegrens voor methaan of andere ontlambare gassen blijkt, gemeten tussen 12 inches tot 0.25 inches van het dak, vloer of wand in een periode van 24 uur (1926.800, h, 1, i, UC) of:</li> <li>uit het verleden van het geologische gebied blijkt dat een percentage van 10 of meer van de lage explosiegrens voor methaan of andere ontlambare gassen zeer waarschijnlijk is (1926.800, h, 1, ii UC).</li> </ul> </li> <li>Indien bij de luchtmonitoring blijkt dat de hoeveelheid waterstof-sulfide de grenswaarde van 5 ppm overschrijdt, dient op de betreffende werkplekken een test te worden uitgevoerd bij het begin en tijdens de werktijd totdat de grenswaarde van waterstof sulfide gedurende 3 achtereenvolgende dagen is gezakt tot onder 5 ppm (1926.800, j, 1, v, A, UC)</li> <li>Indien de grenswaarde van waterstof sulfide de grenswaarde van 10 ppm overschrijdt is permanente monitoring op de betreffende werkplek verplicht. Daarbij moeten de werknemers op de hoogte worden gesteld (1926.800, j, 1, v, B, UC en 1926.800, j, 1, v, C, UC)</li> <li>De betreffende monitoring apparatuur moet zijn uitgerust met een voorziening die visuele en akoestische signalen afgeeft indien de grenswaarde van 20 ppm waterstof sulfide wordt overschreden, zodat additionele beschermende maatregelen kunnen worden genomen (1926.800, j, 1, v, D, UC)</li> <li>Bij het monitoren van luchtverontreinigingen moet zoveel als nodig, een deskundig persoon een redelijke vaststelling doen welke stoffen gemonitord moeten worden en hoe vaak. Daarbij moet rekening worden gehouden met geologische studies, in bijzonder met de grondsoort en de doorlaatbaarheid (1926.800, j, 1, i, B, UC en 1926.800, j, 1, i, B, 2 UC).</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vooronderzoek van de bodem (als onderdeel van RI&amp;E) – K [2][23][52]</li> <li>Aanhouding bouwvergunning op grond van artikel 52a Ww en onderzoek laten doen in het kader van de Wet bodembescherming. – K [Bb]</li> <li>Aanschrijven eigenaar tot het doen staken van het gebruik op grond van artikel 17 of artikel 18 van de Woningwet en ook dan is de Wet bodembescherming bepalend voor hetgeen er moet gebeuren wat betreft sanering en gebruik. – K [Bb]</li> <li>Uitvoeren bodemsanering – K [0]</li> <li>Monitoring van grond en inademingslucht tijdens bouwproces – K/E [23][52][53][62]</li> </ul>	

**Tabel 9.3 Infoblad A3: Gevaar door aanwezigheid onverwachte obstakels in de bodem**

Risicofactor	Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)	A
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid onverwachte obstakels in de bodem (kabels, leidingen enz)</b>	<b>A3</b>
Komt voor bij	Ondergrondse bouwwerkzaamheden	
Gevolgen	<p>Explosie, brand, elektrocutie</p> <p>Persoonlijke letsel door explosie, brand, elektrocutie</p> <p>Schade of instorting constructie (zie D5: Gevaar door instorting constructie)</p> <p>Persoonlijke letsel door schade of instorting constructie</p> <p>Overstroming ondergrondse ruimte door schade of instorting constructiemantel (zie D6: Gevaar door instroom van water)</p> <p>Verdrinking door overstroming ondergrondse ruimte</p>	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische installaties, die voor aanvang aanwezig zijn, worden geïdentificeerd, gecontroleerd en duidelijk gekenmerkt (Art.3.29, lid 1, AB)</li> <li>• Ondergrondse elektriciteitsleidingen, leidingen voor andere distributiesystemen worden voor aanvang van de grondverzetwerkzaamheden geïdentificeerd (Art.3.29, lid 4 AB)</li> <li>• Werknemers moeten beschermd worden tegen gevaren door beschadiging van kabels en leidingen (Art.3.29, lid 5 AB)</li> <li>• Bouwveiligheidsplan uit de gemeentelijke bouwverordening (Art. 8 Ww). In de gemeentelijke bouwverordening moeten ook voorschriften zijn gegeven m.b.t. de uitvoering van bouw- en sloopwerkzaamheden. Deze voorschriften hebben in elk geval betrekking op: (i) veiligheid op de bouw- of sloopplaats; (ii) de tijdstippen waarop met het bouwen of het slopen mag worden begonnen; (iii) de tijdstippen waarop met het bouwen/slopen moet zijn begonnen/beëindigd, alsmede de wijze van gereedmelding van het bouwen/slopen; (iv) de termijn gedurende welke het bouwen of slopen ten hoogste mag stilliggen; (v) documenten die op de bouw- of sloopplaats aanwezig moeten zijn; (vi) opmetingen, opgravingen, opbrekingen en onderzoeken, die m.b.t. slopen noodzakelijk zijn; (vii) het tijdstip en wijze van overleggen van kwaliteitsverklaringen en van nadere gegevens m.b.t. de installaties voor drinkwater en energie</li> </ul> <p><i>VS</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij het monitoren van luchtverontreinigingen moet zoveel als nodig, een deskundig persoon een redelijke vaststelling doen welke stoffen gemonitord moeten worden en hoe vaak. Daarbij moet rekening worden gehouden met de locatie van de werkplek, o.a. met brandstoftanks, gasleidingen en moerassen. (1926.800, j, 1, i, B UC en 1926.800, j, 1, i,B, 1, UC)</li> </ul>	

Risicofactor	Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)	A
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid onverwachte obstakels in de bodem (kabels, leidingen enz)</b>	A3
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vooronderzoek naar obstakels in de bodem (veelal geschiedt dit als onderdeel van een project RI&amp;E en V&amp;G-plan ontwerpfase) – K [1][2][51][52][53][62]</li> <li>• KLIC informatie opvragen – K [53][62]</li> <li>• Monitoring van de grond tijdens bouwproces – K/E [51][62]</li> </ul>	

**Tabel 9.4 Infoblad A4: Gevaar door aanwezigheid explosieven in de bodem**

Risicofactor	Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)	<b>A</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid explosieven in de bodem</b>	<b>A4</b>
Komt voor bij	Ondergrondse bouwwerkzaamheden Calamiteiten tijdens ondergrondse bouwwerkzaamheden	
Gevolgen	Explosies Persoonlijke letsel door explosie Schade of instorting constructie door explosie (zie <i>D5: Gevaar door instorting constructie</i> ) Persoonlijke letsel door schade of instorting constructie Overstroming ondergrondse ruimte door schade of instorting constructiemantel (zie <i>D6: Gevaar door instroom van water</i> ) Verdrinking door overstroming ondergrondse ruimte Moeilijke benadering hulpverlening door kans op herhaling explosie	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gemeentewet en de Gemeentelijke bouwverordening, bijvoorbeeld het instellen van een noodverordening conform artikel 220 van de Gemeentewet</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Historisch vooronderzoek uitvoeren – K [2][53]</li> <li>Bodemonderzoek (oppervlakedetectie, dieptedetectie) – K [0]</li> <li>Algehele ontruiming en inschakeling van EOD – E [0]</li> </ul>	

**Tabel 9.5 Infoblad A5: Gevaar door en/of voor belendingen en aanwezig publiek**

Risicofactor	Omgevingsaspecten (externe bedreigingen voor of door de omgeving)	A
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar voor of vanwege belendingen en aanwezig publiek bij ondergrondse bouwactiviteiten</b>	<b>A5</b>
Komt voor bij	Ondergrondse bouwwerkzaamheden	
Gevolgen	Materiele schade en persoonlijk letsel door grondverstoring, blow-out, trillingen, grondwateronttrekking, aanrijdgevaar enz.	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doeltreffende bescherming van derden in de onmiddellijke omgeving van het terrein indien er gevaar voor de veiligheid en de gezondheid bestaat (Art.10 AW)</li> <li>• Gebouwen voldoen aan afdeling 2.1 van het Bouwbesluit 2003 (artikelen 4 en 44 Ww). Voor de bouwfase geldt voorts: gebouwen en andere opstallen bestaan uit deugdelijk materiaal en een deugdelijke constructie, waardoor er geen gevaar bestaat voor instorting (Art.3.3, lid 1 AB)</li> <li>• Openbaart zich dit na ingebruikname, dan zijn art. 13 Ww e.v. van belang.</li> <li>• Stilleggen van de bouw op grond van 100.2 Ww.</li> <li>• Overleggen van verbeterd bouwplan alvorens men verder kan. [Ww]</li> <li>• Bij voorraad treffen van noodvoorzieningen op grond van artikel 26 Ww of aanschrijven eigenaar tot het treffen van voorzieningen [Ww]</li> </ul> <p><i>V/S</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (Licht-)ontvlambare materialen mogen niet dichterbij dan 30,48 m. van iedere opening worden opgeslagen. Indien dit niet mogelijk is, dan de materialen zo ver mogelijk van de opening opslaan als praktisch haalbaar en worden er maatregelen genomen om brand tegen te gaan, zoals het plaatsen van brandwerende materiaal (1926.800, m, 7 t/m 7 ii, UC)</li> <li>• Ieder ondergronds gebouw of een gebouw op minder dan 30,48 m. van de opening moet zijn gebouwd van brandwerend materiaal met een brandwerendheid van tenminste 1 uur (1926.800, m, 12, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventarisatie van risico's en eventuele belendingen (veelal als onderdeel van RI&amp;E en V&amp;G-plan ontwerpfasen) – K [22][52][53][62]</li> <li>• Vaststellen en uitvoeren specifieke veiligheidsmaatregelen – K/E [20][62]</li> <li>• Andere bouwmethoden met grondverharding (verharder aanbrengen in plaats van druk verhogen) – K [62]</li> <li>• Scheiding en afbakening van bouw en publieke functies – E [22][62]</li> <li>• B.v. het houden van “blow-out preventieoefeningen” – E [4], etc.</li> </ul>	

**Tabel 9.6 Infoblad B1: Gevaar door verblijf in beperkte fysieke ruimtes**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door verblijf in beperkte fysieke ruimtes</b>	<b>B1</b>
Komt voor bij	Ondergrondse arbeid tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud in beperkte (suboptimale) fysieke ruimtes Calamiteiten tijdens ondergrondse arbeid in beperkte (suboptimale) fysieke ruimtes	
Gevolgen	Beperkte mogelijkheden tot veilig (ergonomisch verantwoord) werken en tot vrije doorgang door beperkte fysieke werkruimte Beperkte vluchtmogelijkheden uit beperkte fysiek ruimtes (zie B9: <i>Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening</i> ) Beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening in beperkte fysieke ruimtes	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <p>Er gelden twee wettelijke regimes, namelijk die van de Arbeidsomstandighedenwet en die van de Woningwet.</p> <p>Arbowet (bouwfase en gebruiksvoorschriften tijdens de gebruiksfase)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De inrichting van arbeidsplaatsen moet redelijkerwijs worden aangepast aan de persoonlijke eigenschappen van de werknemer. (Art.3, lid 1, onder c. AW)</li> <li>• Arbeidsplaatsen worden gebruikt en onderhouden, zodat gevaar voor V&amp;G zoveel mogelijk wordt voorkómen. (Art.3.2, lid 1 AB)</li> <li>• Arbeidsplaatsen moeten zindelijk, vrij van stof en ordelijk worden gehouden (Art.3.2, lid 1 AB)</li> <li>• Afmetingen en luchtvolume van arbeidsplaatsen mogen geen gevaar voor werknemers opleveren. (Art.3.19, lid 1 AB + BR 3.19 + NEN 1824 en NEN 2580)</li> <li>• Werknemers moeten over voldoende bewegingsruimte beschikken; indien dit niet mogelijk is moet er een andere ruimte beschikbaar zijn waarin dit wél mogelijk is. (Art.3.19, lid 2 en 3 AB + BR 3.19 + NEN 1824 en NEN 2580)</li> </ul> <p>Woningwet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onderscheiden naar gebruiksfuncties zijn bepaalde ruimten voorgeschreven (Hoofdstuk 4 Bb) en ook de minimumafmetingen daarvan; het gebruik is onderwerp van regeling van de gemeentelijke bouwverordening en het Arbobesluit.</li> </ul> <p><i>Oostenrijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedetailleerde minimeisen aan de afmetingen van tunnels en mijngangen (§ 99, lid 1 t/m 6 BauV)</li> <li>• Gedetailleerde minimeisen aan de afmetingen van schachten (§ 102, lid 1 t/m 7 BauV)</li> </ul>	



Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door verblijf in beperkte fysieke ruimtes</b>	<b>B1</b>
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integreeren van veiligheid in ontwerpfase gericht op zowel bouw als gebruiksfase – K/E [1][53]</li> <li>• Vaststellen minimaal aanvaardbare (werk)ruimte in schachten – K/E [53]</li> <li>• Werkprocessen automatiseren (bijvoorbeeld boren van leidingen) – K/E [23][52]</li> <li>• Aanvullende maatregelen treffen bij werken in besloten ruimten (aanwezigheid 2<sup>e</sup> man, aanvoer van verse lucht, gebruik van een veilige spanning, rubber bescherming voor hoofdstoten aanbrengen etc.) – K/E [51][53][62][63]</li> <li>• Toepassen/aanbrengen speciale hulpmiddelen bijvoorbeeld t.b.v. hijsen – K/E [57]</li> <li>• Geen gelijktijdige werkzaamheden uitvoeren met een zeker gevaar – E [24][51][55]</li> <li>• Extra eisen te stellen aan verblijfsaccommodaties – E [4][55], keet als veilige plaats beschouwen – E [62]</li> <li>• Zorgen dat belastbaarheid personeel niet achteruit gaat (vergrijzing) – K/E [56]</li> <li>• Zorgen voor ruimte voor zelfredzaamheid als er verkeer in ondergrondse ruimte plaatsvindt – E [56]</li> </ul>	

**Tabel 9.7 Infoblad B2: Beperkt of ontbrekend daglicht en uitzicht**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Beperkt of ontbrekend daglicht en uitzicht</b>	<b>B2</b>
Komt voor bij	Ondergrondse arbeid tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud	
Gevolgen	Niet welbevinden Concentratie verlies bij veiligheidskritische werkzaamheden	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <p>Er gelden twee wettelijke regimes naast elkaar, namelijk die van de Arbeidsomstandighedenwet en die van de Woningwet.</p> <p>Arbowet (gebruiksvoorschriften tijdens de gebruiksfase)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid zodanig organiseren dat er geen nadelige invloed op gezondheid van de werknemer ontstaat. (Art.3, lid 1, onder a. AW)</li> <li>• In een besloten ruimte moeten lichtopeningen zijn aangebracht van tenminste 1/20 deel van het vloeroppervlak van die ruimte. Indien dit redelijkerwijs niet lukt moet de minimale lichtopening zoveel mogelijk het 1/20 deel van het vloeroppervlak van die ruimte benaderen (Art. 6.4 AB)</li> <li>• Opsomming van voorwaarden op grond waarvan artikel 6.4 AB niet hoeft te worden opgevolgd: o.a. “de plaats van de ruimte het aanbrengen van voldoende lichtopeningen niet toelaat” (BR 6.4)</li> </ul> <p>Woningwet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouwtechnische voorschriften (Afdeling 3.20 Bb). Bij niet voldoen kan men eigenaar aanschrijven tot het treffen van voorzieningen of doen staken van het gebruik op grond van artikel 17 of artikel 18 van de Woningwet.</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximalisatie van daglichttoetreding en uitzicht in bouwontwerp (b.v. koopgoot, situering en inrichting loges voor parkeerwachters of lichtkoepels) – K [55][60]</li> <li>• Daglichtlampen aanbrengen [8][57][58], cool white ipv warm white – K [55]</li> <li>• Zichtlijnen aanbrengen en overzicht creëren – K/E [59]</li> <li>• Beperking ondergronds verblijf door andere toedeling of organisatie van functies – K/E [53][55][58][63]</li> <li>• Afwisselen werkzaamheden – K/E [61]</li> <li>• Werktijdenregeling toepassen – K/E [51][62]</li> <li>• Voorselectie van (nieuw) personeel uitvoeren – K/E [53][55][58]</li> <li>• Metingen uitvoeren, werknemers bevragen K [58]</li> </ul>	

**Tabel 9.8 Infoblad B3: Ontbreken van voldoende of gevaar door uitvallen kunstverlichting**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Ontbreken van voldoende of gevaar door uitvallen kunstverlichting</b>	<b>B3</b>
Komt voor bij	Ondergrondse arbeid tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud Calamiteiten tijdens ondergrondse arbeid	
Gevolgen	Niet welbevinden Beperking van oriëntatie en bewegingsmogelijkheden Verhoogd risico stap struikel ongeval Beperkte mogelijkheden tot veilig werken Beperkte vluchtmogelijkheden (Zie B9: <i>Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening</i> ) Beperkte mogelijkheden tot hulpverlening	
Wetgeving	<i>Nederland</i> Er gelden twee wettelijke regimes naast elkaar, namelijk die van de Arbeidsomstandighedenwet en die van de Woningwet. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arboret (gebruiksvoorschriften tijdens de gebruiksfase) Indien kunstlicht kan wegvallen is adequate noodverlichting aanwezig. Indien noodverlichting niet kan, is individuele verlichting voor werknemers beschikbaar (Art.3.9 AB)</li> </ul> Woningwet <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouwtechnische voorschriften en bepalingen inzake noodstroom (Afdelingen 2.7 en 2.8 Bb). Bij niet voldoen kan men eigenaar aanschrijven tot het treffen van voorzieningen of doen staken van het gebruik op grond van artikel 17 of artikel 18 van de Woningwet.</li> <li>• De gemeentelijke bouwverordening kent voorschriften voor veiligheids- en gezondheidssignalering (art. 8 Ww)</li> </ul> <i>Oostenrijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werknemers beschikken over elektrische lampen die gedurende de werktijd kunnen blijven branden (§ 105, lid 1, eerste zin, BauV)</li> </ul> <i>VS</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werknemers beschikken over een zaklantaarn of een helmlamp, m.u.v. gebieden waar voldoende noodverlichting of daglicht aanwezig is om te ontsnappen (1926.800, g, 4, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanwezigheid van voldoende kunstverlichting K [4][52][53][62]</li> <li>• Aanwezigheid van noodverlichtingsinstallatie E [52][60][62]</li> <li>• Meting van hoeveelheid kunstlicht K/E [63]</li> <li>• Zorgen voor functiebehoud van kabels en leidingen bij calamiteiten E [24][62]</li> <li>• In bouwfase en gebruiksfase beschikken veel/alle werknemers over persoonlijke noodverlichting (zaklamp) E [4][52][23][58]</li> </ul>	

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Ontbreken van voldoende of gevaar door uitvallen kunstverlichting</b>	<b>B3</b>
Maatregelen (vervolg)	<p><i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkplekken zijn voorzien van voldoende kunstmatige verlichting; verlichtingsinstallaties mogen geen ongevallenrisico's voor de werknemers opleveren (Art. 6.20c AB)</li> <li>• Werknemer beschikt over een voor het werk geschikte lamp. (Art.3.37h AB)</li> </ul>	

**Tabel 9.9 Infoblad B4: Gevaar door onvoldoende luchtkwaliteit**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door onvoldoende luchtkwaliteit</b>	<b>B4</b>
Komt voor bij	Ondergrondse arbeid tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud Calamiteiten tijdens ondergrondse arbeid	
Gevolgen	Niet welbevinden door onvoldoende luchtkwaliteit Gezondheidsschade door onvoldoende kwaliteit inademingslucht Niet welbevinden, gezondheidsschade, dood door onvoldoende kwaliteit inademingslucht bij arbeid en calamiteiten	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <p>Er gelden twee wettelijke regimes naast elkaar, namelijk die van de Arbeidsomstandighedenwet en die van de Woningwet.</p> <p>Arbowet (bouwfase en gebruiksvoorschriften tijdens de gebruiksfase)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid zodanig organiseren dat er geen nadelige invloed op gezondheid van de werknemer ontstaat. (Art. 3, lid 1, onder a. AW)</li> <li>• Luchtverversingsinstallaties moeten altijd bedrijfsklaar zijn en voorzien zijn van een controlesysteem op storingen. (Art.6.2, lid 2 en 3 AB)</li> </ul> <p>Woningwet (gebruiksfase bouwtechnische kwaliteit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouwbesluit heeft in de afdelingen 3.10 t.m. 3.14 daartoe bouwtechnische voorschriften waarmee in samenhang met Wet milieubeheer (Besluit luchtkwaliteit) en de Wet op de Ruimtelijke Ordening en de daarop gebaseerde bestemmingsplannen is geregeld dat ventilatielucht van een voldoende kwaliteit is. Bij niet voldoen kan men eigenaar aanschrijven tot het treffen van voorzieningen of doen staken van het gebruik op grond van artikel 17 of artikel 18 van de Woningwet.</li> </ul> <p><i>Oostenrijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De ventilatie wordt als voldoende beoordeeld indien de op borsthoogte gemeten luchtsnelheid tenminste 0,20 m/s bedraagt (§ 96, lid 1, onder 4. BauV)</li> <li>• Bij het vaststellen van de ventilatie dient rekening gehouden te worden met de volgende eisen: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ per werknemer een frisse lucht hoeveelheid van minstens 2 m(3)/min.;</li> <li>○ per ingezette verbrandingsmotor</li> <li>○ een frisse lucht hoeveelheid van 4m(3)/min per Kw nominale prestatie (§ 96, lid 2, BauV)</li> </ul> </li> <li>• Bij werk in tunnels en mijngangen van meer dan 500 m. lang moet ademhalingsapparatuur voor zelfredding ter beschikking worden gesteld. Deze apparatuur moet in de omgeving van de werknemer zijn opgesteld en duidelijk herkenbaar zijn. (§ 105, lid 1, tweede zin BauV)</li> </ul>	

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door onvoldoende luchtkwaliteit</b>	<b>B4</b>
Wetgeving (vervolg)	<i>V/S</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Een test om de hoeveelheid zuurstof te bepalen moet worden uitgevoerd bij het begin en gedurende het werk op de betreffende werkplekken (1926.800, j, 2, i, UC)</li> <li>Iedere ondergrondse werknemer moet worden voorzien van minimaal 5.7 m(3) frisse lucht per minuut (1926.800, k, 2, UC)</li> <li>De richting van de mechanische luchtstroom moet omkeerbaar zijn (1926.800, k, 4, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aanwezigheid van een permanent en regelbaar ventilatiesysteem met voldoende capaciteit – K/E [4][7][22][24][51][52][53][55][58][60][62]</li> <li>Veel partijen en de overheid hanteren de Zwitserse norm SIA 196 – K [53]</li> <li>Actieve verse lucht toevoer – K/E[ 63]</li> <li>Waarborgen van functiebehoud bij storingen en calamiteiten door toepassen van: <ul style="list-style-type: none"> <li>Systeemredundantie (zonodig) – E [4][7][53][62]</li> <li>Materialen met functiebehoud – K [7][53]</li> <li>Regelmatig schoonmaken – K[58]</li> </ul> </li> <li>Onderzoeken van oorzaak na klachten door zieke werknemers – K [58]</li> <li>Rookverbod door personeel – K [63]</li> <li>Aantoonbare systeemonderbouwing door een ventilatiedeskundige – K [4][7][53]</li> <li>Aantoonbare functionaliteit door metingen – K [4][7][24][51][52][62]</li> <li>Monitoring luchtkwaliteit tijdens werkproces – K/E [51][52][53][56][62] + K registratie [4]</li> <li>(Akoestisch en visuele) alarmering en geplande BHV maatregelen bij uitval van systeem – E [7][53][55][62]</li> <li>Besturingsplan van de ventilatie bij een calamiteit (rookverspreiding) – E [4][24][55]</li> <li></li> </ul> <i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Er is een behoorlijke ventilatie. D.m.v. permanente ventilatie wordt gezorgd voor een gezonde atmosfeer. Indien natuurlijke ventilatie niet voldoet dan voor mechanische ventilatie zorgen. Parameters van ventilatie worden gemeten en resultaten geregistreerd. Bijgewerkte plattegrond ventilatiesysteem aanwezig. (Art. 6.20b AB)</li> </ul>	

**Tabel 9.10 Infoblad B5: Gevaar door geluid en trillingen, effectverhoging door besloten ruimte en resonantie**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door en effectverhoging van geluid en trillingen door besloten ruimte en resonantie</b>	<b>B5</b>
Komt voor bij	Diverse ondergrondse (bouw)werkzaamheden Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud in besloten ruimtes (industriële ruimtes, stations, horeca, cultuurruimtes, verkeerswegen enz.)	
Gevolgen	Verminderde communicatie Verminderde concentratie, alertheid en waakzaamheid Blootstelling aan schadelijk geluid en trillingen Gezondheidsschade door blootstelling aan schadelijk geluid en trillingen	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid zodanig organiseren dat er geen nadelige invloed op de gezondheid van de werknemer ontstaat. (Art. 3, lid 1, onder a. AW)</li> <li>• Beoordelen (via meten) van het geluidsniveau in een risico-inventarisatie en – evaluatie, om vast te stellen waar en in welke mate werknemers bloot staan aan schadelijk geluid (Art. 6.7 AB)</li> <li>• Het meten van het geluidsniveau vindt plaats overeenkomstig twee NEN-normen. Werkgever moet aangeven voor welke prioriteiten in acties ter eliminering / vermindering van het geluidsniveau wordt gekozen (BR 6.7 + NEN 3419 + NEN 3418)</li> <li>• Eisen indien het geluidsniveau boven de 85 dB(A) uitkomt. Boven 80 dB(A) moet werkgever PBM ter beschikking stellen en de werknemer moet PBM dragen bij meer dan 85 dB(A) (Art.6.8 AB)</li> <li>• Indien het geluidsniveau sterk wisselt, en voorzieningen en maatregelen niet helpen, mag de werkgever uitgaan van een weekgemiddelde, waarbij het geluidsniveau de 85 dB(A) niet overschrijdt (Art.6.9 AB)</li> <li>• Bij het meten van het weekgemiddelde maakt de werkgever gebruik van gestandaardiseerde meetmethoden. (BR 6.9)</li> <li>• Indien werknemers worden blootgesteld aan een geluidsniveau van 80 dB(A) krijgen zij de gelegenheid om een audiometrisch onderzoek te ondergaan. Dit onderzoek wordt minimaal 1 x per vier jaar herhaald (Art.6.10 AB)</li> <li>• Werknemers die blootstaan aan een geluidsniveau van meer dan 80 dB(A) moeten doeltreffende voorlichting en onderricht krijgen over (Art. 6.11 AB): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ gevaren van gehoorschade</li> <li>○ relevante regelgeving</li> <li>○ wanneer en hoe PBM moeten worden gebruikt</li> <li>○ betekenis van het audiometrisch onderzoek</li> </ul> </li> <li>• De geluids- of trillingsbron bevindt zich in een bouwwerk, gelegen op een aangrenzend perceel (Afd. 3.5 Bb)</li> </ul>	

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door en effectverhoging van geluid en trillingen door besloten ruimte en resonantie</b>	<b>B5</b>
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminatie van lawaaibronnen door ontwerpaanpassing – K/E [53][57]</li> <li>• Inzet lawaaiarne machines – K/E [53]</li> <li>• Aanbrengen van omkastingen – K/E [53]</li> <li>• Aanbrengen van dempers – K/E [53]</li> <li>• Slimme locatie van ventilatoren – K/E [51]</li> <li>• Compartimentering – K/E [53]</li> <li>• Beperken blootstellingsduur – K/E [53]</li> <li>• Aanpassen akoestiek – E [0]</li> <li>• Voorlichten personeel – E [56]</li> <li>• Verschaffen persoonlijke beschermingsmiddelen aan personeel – E [56][63]</li> </ul>	



**Tabel 9.11 Infoblad B6: Gevaar door drukgolf door passerend verkeer**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door drukgolf door passerend verkeer</b>	<b>B6</b>
Komt voor bij	Arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud verkeerswegen	
Gevolgen	Verlies evenwicht Ontsporing of aanrijding Persoonlijke letsel door ontsporing of aanrijding	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Voor drukgolf geldt geen specifieke regelgeving: het gaat hier met name om ongevallenpreventie. In deze context kan de algemene regel worden gevolgd die stelt dat op basis van de RI&amp;E (Artikel 5 van de Arbowet) een plan van aanpak opgesteld dient te worden met maatregelen in verband met geïnventariseerde risico's.</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Organisatorische maatregelen w.o. afstemming treinenloop en werkzaamheden – K/E [56]</li> <li>Handrail langs paden – E [56][57]</li> <li>Voorlichting personeel – E[57]</li> </ul>	

**Tabel 9.12 Infoblad B7: Gevaar of hinder door oplopend omgevingstemperatuur**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar of hinder door oplopende omgevingstemperatuur</b>	<b>B7</b>
Komt voor bij	Arbeid tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud waarbij omgevingstemperatuur oploopt (bijvoorbeeld boren, afvoer bentoniet door leidingen, asfalteren, inzet generatoren, compressoren, koelinstallaties, parkeren voertuigen, gebruik arbeidsmiddelen, beeldschermen enz.)	
Gevolgen	Niet wel bevinden Verzwaring arbeid door hoge omgevingstemperatuur Verminderde concentratie, alertheid en waakzaamheid Gezondheidsschade	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimaat mag geen gezondheidsschade veroorzaken (Art. 6.1, lid 1 AB)</li> <li>• Indien schade kan ontstaan aan de gezondheid worden PBM's ter beschikking gesteld, eventueel aangevuld met een beperking van de duur van de blootstelling. (Art. 6.1, lid 4 AB)</li> <li>• Er is sprake van een behaaglijk en gelijkmatig klimaat bij toepassing van norm NEN-EN-ISO 7730: 1996 'Gematigde thermische binnenomstandigheden' en indien de PMV-waarde ligt tussen -0,5 en +0,5, of indien minder dan 10% van de werknemers klachten over het klimaat kenbaar maakt. Overschrijding van die grenzen gedurende 10% van de verblijfstijd is acceptabel. (BR 6.1, lid 1)</li> </ul> <p>Bij overschrijding van de referentiewaarden dient de werkgever de thermische belasting te verminderen, primair bij de bron. (BR 6.1, lid 2)</p>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risico inventarisatie uitvoeren – K/E [53]</li> <li>• Werktijden aanpassen – K/E [51][54]</li> <li>• Kiezen voor alternatieve energiebronnen of bewerkingen – K [52]</li> <li>• Isoleren – E [7]</li> <li>• Ventileren, koelen (voorkomen van tocht) – E [7][51]</li> <li>• Airco (in bedieningsruimte) – E [51][55][60]</li> <li>• Het meten van temperatuurstijgingen – E [4][62]</li> </ul> <p><i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maatregelen nemen om temperatuurstijgingen te voorkomen of vroegtijdig te signaleren (Art. 3.37g, lid 1 AB)</li> </ul>	

**Tabel 9.13 Infoblad B8: Gevaar door duikarbeid en werken onder overdruk**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door duikarbeid en werken onder overdruk</b>	<b>B8</b>
Komt voor bij	Ondergrondse bouwwerkzaamheden met duikarbeid en arbeid onder overdruk (duikarbeid bij storingen en onderhoud in de boorkamer, afzinken bouwsegmenten, ontgraven kelderruimtes bij verhoogde luchtdruk, caissonarbeid enz.)	
Gevolgen	Gezondheidsschade (caisson/duikziekten: barotrauma, decompressieziekte, botafsterving, hersenen leasies etc.) Toename van gezondheidsschade door toepassen helium Beperkte vluchtmogelijkheden (Zie B9: <i>Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening</i> )	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mag alleen uitgevoerd worden door werknemers met goede lichamelijke en geestelijke gesteldheid. (Art. 6.14 AB)</li> <li>• Werknemers dienen voorafgaande aan duik- en caissonarbeid een PAGO te ondergaan, gericht op bijzondere gevaren voor de gezondheid; deze PAGO dient tenminste éénmaal per jaar te worden herhaald. De PAGO moet worden uitgevoerd door arts in bezit van certificaat duikerarts. (Art.6.14a, lid 1 t/m 3 AB)</li> <li>• Eisen inhoud PAGO voor werknemers die duik- en caissonarbeid verrichten (Art. 6.7 en Bijlage IXA AR)</li> <li>• Pas indien blijkt uit PAGO dat er geen gevaar voor gezondheid is, mag men duik- en caissonarbeid verrichten soms met inachtneming van beperkende voorwaarden. Eén herkeuring op verzoek werkgever / werknemer is mogelijk (Art. 6.14a, lid 4 en 5 AB)</li> <li>• Eisen aan afgifte certificaat duikerarts (Art. 6.14b AB + art.6.3a AR)</li> <li>• Bij caissonarbeid en ander werk onder overdruk zijn de volgende veiligheidsmaatregelen vereist: schriftelijke werkinstructie, deugdelijk materieel, adequate medische begeleiding en eerste-hulp-uitrusting. Duikmedisch begeleider moet snel in contact kunnen komen met een duikerarts. (Art.6.15 AB)</li> <li>• Eisen aan certificering van duik- en caissonsysteem (Art. 6.15a AB)</li> <li>• Aanwezig bij duikarbeid, alsmede een omschrijving van hun taken: reserve duiker en ploegleider. Bij gebruik duikklok is reserveduiker in de klok aanwezig. (Art. 6.16, lid 1 t/m 4 AB)</li> <li>• Bijhouden persoonlijk duiklogboek (Art.6.16, lid 5 AB)</li> <li>• Duikers/reserveduikers beschikken over certificaat + aanwezig persoon met certificaat duikmedische begeleiding (Art.6.16, lid 6 en 7 AB)</li> <li>• Eisen aan de certificatie en de opleidingen (Art. 6.1 t/m 6.6 + Bijlage IX AR)</li> <li>• Eisen aan de werkinstructie (art. 6.15, lid 1, onder a AB), aan materieel (idem onder b AB), aan ademgas, aan de duikmedische begeleiding (idem onder c AB), aan de eerste-hulpuitrusting (idem onder d AB) en aan compressiekamer. (BR 6.15)</li> </ul>	

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door duikarbeid en werken onder overdruk</b>	<b>B8</b>
Wetgeving (vervolg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eisen aan de melding van bepaalde typen duikarbeid aan Arbeidsinspectie (Art.6.17 AB)</li> <li>• Bij duikarbeid in water op diepte van meer dan 15 meter of in andere vloeistof onder een druk van 1½ maal 10(5)Pa boven de atmosferische druk, moet er een geschikte compressiekamer zijn, voorzien van een personen- en medicijnsluis. Compressiekamer moet aanwezig zijn indien reistijd tussen duiklocatie en de dichtstbijzijnde behandelafaciliteit met compressiekamer meer dan 2 uur bedraagt. Compressiekamer moet minimaal plaats bieden aan twee personen, en moet juist gebruikt worden (Art. 6.18 AB)</li> <li>• Caissonarbeid moet door tenminste 2 werknemers verricht worden (Art. 6.19, lid 1 AB)</li> <li>• Middels werkplan Arbeidsinspectie 30 dagen van tevoren op de hoogte brengen (Art.6.19, lid 2 AB)</li> <li>• Caisson wordt gebouwd, aangepast, geïnstalleerd of gedemonteerd onder toezicht van een daartoe aangewezen persoon (Art.6.19, lid 3 AB)</li> <li>• Daartoe aangewezen persoon inspecteert caisson regelmatig (Art. 6.19, lid 4 AB)</li> <li>• Bij een druk van meer dan 1½ maal 10(5)Pa boven de atmosferische druk is een compressiekamer aanwezig, voorzien van een personensluis en minimaal geschikt voor twee personen. Compressiekamer moet juist gebruikt worden (Art. 6.20 AB)</li> <li>• Medisch begeleider beoordeelt lichamelijke en geestelijke gesteldheid van werknemers voor iedere inschutting. (BR 6.14, lid 1)</li> <li>• Eisen aan werkinstructie, aan compressiekamer en aan het ter beschikking gestelde materiaal (BR 6.14, lid 2 + Bijlage)</li> <li>• Duikmedische begeleider houdt toezicht op in- en uitschutten; deze persoon moet de werknemers kunnen observeren (BR 6.14, lid 5)</li> <li>• Eisen aan eerste-hulpuitrusting, het werkplan en de compressiekamer (BR 6.14, lid 6 t/m 8)</li> <li>• Zwangere werknemers en jeugdigen mogen geen duikarbeid, caissonarbeid of andere arbeid onder overdruk verrichten (Art. 6.27 en 6.29 AB)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uitvoering van een regime van wettelijke maatregelen: – K/E [2][4][51][52][57][62]: (arbeidsgezondheidskundig onderzoek, certificatie duikerarts, certificatie duik- en caissonsysteem, certificatie duikarbeid en EHBO duikarbeid, melding duikarbeid (na 01-01-2003 ook werken onder overdruk), etc.)</li> <li>• Aanpassen werktijden – E [52][62]</li> <li>• Geen andere werkzaamheden met een zeker gevaar gelijktijdig uitvoeren – E [24][52][62]</li> <li>• Aantal mensen aan duikarbeid aanpassen aan capaciteit caisson systeem – E [59]</li> <li>• Simulatieoefeningen – E [62]</li> <li>• Acclimatiseren – E [62]</li> </ul>	

**Tabel 9.14 Infoblad B9: Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening**

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening</b>	<b>B9</b>
Komt voor bij	Calamiteiten tijdens ondergrondse arbeid	
Gevolgen	<p>Gebrek aan voldoende vluchtwegen voor alle doelgroepen</p> <p>Niet welbevinden, persoonlijke letsel, gezondheidsschade, dood door gebrek aan voldoende vluchtwegen</p> <p>Ontbreken van tijdige hulpverlening</p> <p>Moeilijke tot onmogelijke hulpverlening door openbare hulpdiensten</p> <p>Niet welbevinden, persoonlijke letsel, gezondheidsschade, dood door ontbreken van tijdige hulpverlening</p>	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <p>Onderscheid moet worden gemaakt tussen voorschriften tijdens de bouwfase en die van de gebruiksfase. De voorschriften van het Bouwbesluit treden voor de gebruiksfase in de plaats van die van artikel 3.2 van het Arbobesluit (3.1a AB).</p> <p>Arbowet (bouwfase):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij dreigend gevaar moet men zich snel in veiligheid kunnen brengen of andere passende maatregelen kunnen nemen (Art.3, lid 1, onder e. AW)</li> <li>• Werkgever moet zich door bedrijfshulpverlener(s) laten bijstaan bij diverse taken (Art.15, AW)</li> <li>• Nadere eisen over de organisatie van de bedrijfshulpverlening (Afd.4, hoofdst.2 AB)</li> <li>• Arbeidsplaatsen moeten veilig kunnen worden verlaten. (Art.3.2, lid 1 AB)</li> <li>• Werknemer moet zich via de kortste weg in veiligheid kunnen stellen (Art. 3.6, lid 1 AB)</li> </ul> <p>Woningwet (gebruiksfase van het bouwwerk in plaats van 3.6, tweede lid, AB):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bouwbesluit kent bouwkundige voorschriften omtrent brand- en rookcompartimenten en vluchtroutes (aantal en inrichting) en complementair daaraan kent de gemeentelijke bouwverordening gebruiksvoorschriften voor brandveilig gebruik inclusief een vergunningenstelsel brandveilig gebruik.</li> <li>• Aanschrijven eigenaar tot het treffen van voorzieningen of doen staken van het gebruik op grond van artikel 17 of 18 van de Woningwet [Bb]</li> </ul> <p><i>Oostenrijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Twee weken voor aanvang ondergrondse bouwwerkzaamheden moet een verklaring inzake geotechnisch onderzoek worden toegezonden aan de Arbeidsinspectie. Met hierin aandacht voor stut- en veiligheidsmaatregelen (§ 94, lid 1 BauV)</li> <li>• Ondergronds moet verbindingssapparaat beschikbaar en duidelijk herkenbaar zijn.</li> </ul>	

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening</b>	<b>B9</b>
Wetgeving (vervolg)	<p>Duidelijk zichtbaar moeten hierbij de alarmnummers zijn aangegeven. (§ 105, lid 4, laatste twee zinnen, BauV)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij tunnels en mijngangen van meer dan 2 km. lengte moet een adequaat ingericht voertuig permanent beschikbaar zijn die tevens snel opgeroepen kan worden (§ 105, lid 5 BauV)</li> </ul> <p><i>VS</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De werkgever is verplicht om openingen te bewaken zodat onbevoegden niet naar binnen kunnen. Onbewaakte openingen moeten zorgvuldig worden afgesloten, aangevuld met waarschuwingsborden. In sommige gevallen moeten ongebruikte openingen worden gebarricadeerd (1926.800, b, 3, UC)</li> <li>• Werkgever moet een check-in / check-out procedure hebben zodat in geval van nood duidelijk is hoeveel mensen er ondergronds actief zijn. (1926.800, c, UC)</li> <li>• Communicatiesystemen moeten door een onafhankelijke energiebron worden gevoed, en moeten zodanig worden geïnstalleerd dat hij op elke plek kan worden gebruikt. Het systeem moet bij iedere start van het werk opnieuw worden getest (1926.800, f, 3 en 4, UC)</li> <li>• De werkgever moet gekeurde gasmaskers ter beschikking stellen indien werknemers ondergronds kunnen worden ingesloten door rook of gas (1926.800, g, 2, UC)</li> <li>• Indien er 25 of meer werknemers tegelijkertijd ondergronds werken, moeten er twee reddingsteams van ieder 5 personen zijn, eventueel vooraf samengesteld met mensen van lokale hulpdiensten. De ene ploeg op de werkplek zélf of op een half uur afstand van de ingang. De andere ploeg op maximaal twee uur reisafstand (1926.800, g, 5, i, UC)</li> <li>• Indien minder dan 25 werknemers tegelijkertijd ondergronds werken moet er tenminste één team van 5 personen zijn, eventueel vooraf samengesteld met mensen van lokale hulpdiensten. Een ploeg op de werkplek zélf of op een half uur afstand van de ingang. (1926.800, g, 5, ii, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integreren van veiligheid in ontwerp, bouwfasering en plan van aanpak bouwfase (conform bronaanpak) – K/E [2][53][55][59][62]</li> <li>• Integreren van veiligheid in ontwerpfase gericht op gebruiksfase – K/E [62]</li> <li>• Samenstellen van maatgevende scenario's voor ondergrondse bouwmethoden – K/E [61]</li> <li>• Risico-inventarisatie gericht op de mogelijke “worst case” scenario's – K/E [1][2][53][62]</li> <li>• Betrouwbare vluchtmogelijkheid creëren – K/E [59], eventueel brandweerlift – K/E [63]</li> </ul>	

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening</b>	<b>B9</b>
Maatregelen (vervolg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zorgdragen voor twee afzonderlijke onafhankelijke uitgangen naar de oppervlakte – K/E [4][59]</li> <li>• Het aantoonbaar houden van trainingen en oefeningen – K/E [24][58][62][63]</li> <li>• Regelmatig overleg met (lokale) openbare hulpdiensten (OHD) – K/E [20][24][51][54][62]</li> <li>• Informatie verstrekken aan OHD over project en voortgang – K/E [20][24][54][62][63]</li> <li>• Aanschrijven eigenaar tot het treffen van voorzieningen of doen staken van het gebruik op grond van artikel 17 of artikel 18 van de Woningwet – K/E [Bb]</li> <li>• Vluchtwegen creëren met verlichting, aantoonbaar adequaat houden (aanhouden minimale vluchtsnelheid 1m/sec) – K [24][59][62][63]</li> <li>• Preventieve maatregelen treffen – K [51]</li> <li>• Beperken aantal (blootgestelde) personen (+ bezoekers in bouwfase) – K [24][51][52][62]</li> <li>• Toegangsregeling ondergronds – K [4][24][51][52][54][62] + aanwezigheid personenregister en controle – K [4]</li> <li>• Gelijkeheidsbeginsel toepassen bij reddingsmogelijkheden – E [54]</li> <li>• Akoestisch en visueel ontruimingsalarm – E [62]</li> <li>• Extra detectie ten behoeve van early warning – E [56]</li> <li>• Maken van plattegronden en bewegwijzering – E [4][55][62]</li> <li>• Beperken rookverspreiding door b.v. compartimentering (met airbag), ventilatieregeling – E [4][24][51][55][62][63]</li> <li>• Noodplan cq. calamiteitenplan maken in overleg met bevoegd gezag – E [4][9][24][25][55][62]</li> <li>• Verhogen niveau BHV (opleiding) en zelfredzaamheid van personeel – E [24][51][53][58][62][63]</li> <li>• Bewustwording creëren van belang van snel vluchten en instructie daarbij – E [62]</li> <li>• Specifieke instructies geven aan alle personen die ondergronds gaan – E [51][52][53][54], eventueel m.b.v. posters bij verticaal transport – E [58]</li> <li>• Een communicatiesysteem voor alle arbeidsplaatsen (zodanig) – E [4], portoverkeer (inclusief opleiding) – E [62][63]</li> <li>• Inzet van middelen tot brandbestrijding en redding (sprinkler) – E [0][24][51][62][63]</li> <li>• Zonodig EHBO-posten en brandbestrijdingsunit (voorpost brandweer) creëren op locatie of bouwterrein – E [4][51][61][62][63]</li> <li>• Blusmiddelen direct achter ondergrondse bouwactiviteit plaatsen – E [59]</li> <li>• Schuilplaats voor bouw personeel – E [61]</li> <li>• Perslucht aanpassen aan lengte van tunnel – E [59]</li> <li>• Eventueel gebruikmaken van vluchtmaskers in bouwfase en onderhoud – E [20][24][51][56]</li> </ul>	

Risicofactor	Fysische factoren, algemene voorzieningen en inrichting werkplek	<b>B</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door beperkte vluchtmogelijkheden en beperkte bereikbaarheid voor hulpverlening</b>	<b>B9</b>
Maatregelen (vervolg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmatig overleg met (lokale) openbare hulpdiensten (OHD) – K/E [20][24][51][54][62]</li> <li>• Informatie verstrekken aan OHD over projecten en voortgang – K/E [20][24][54][62][63]</li> <li>• Aanwezigheidssignalering [64]</li> </ul> <p><i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plattegronden en bewegwijzering (Art. 3.37b AB)</li> <li>• Twee afzonderlijke uitgangen, evt. uitgerust met mechanische transportmiddelen (Art. 3.37c AB)</li> </ul>	



**Tabel 9.15 Infoblad C1: Gevaar door aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes**

Risicofactor	Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (verhoogde effecten vanwege ondergrondse arbeid)	C
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid schadelijk respirabel stof in besloten ruimtes</b>	C1
Komt voor bij	Ondergrondse arbeid tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud waarbij gevaarlijke respirabel stoffen ontstaan (bv. diverse bouwwerkzaamheden met gebruik kwartshoudend spuitbeton)	
Gevolgen	Blootstelling aan gevaarlijk respirabel stof (bv. kwartshoudend stof) en verhoogde effecten van blootstelling wegens ondergrondse arbeid Gezondheidsschade (luchtwegenobstructie, longemfyseem, silicose, longkanker enz.) door blootstelling aan gevaarlijk respirabel stof (bv. kwartshoudend stof)	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkgever dient blootstelling zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. (Art. 4.18 AB)</li> <li>• Er wordt voldaan aan artikel 4.18 AB indien adequate arbeidsmiddelen of werkmethoden worden toegepast overeenkomstig de bijlage van deze Beleidsregel, waar nodig aangevuld met aanvullende ademhalingsbeschermingsmiddelen. (BR 4.18-4)</li> <li>• Begrenzing van de blootstelling aan respirabel stof (art 4.2, lid 1 AB, art. 4.5.1, lid 2 AR)</li> </ul> <p><i>Oostenrijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij toepassing van spuitbeton moeten kwartsarme of liever kwartsvrije bindmiddelen en mortel worden gebruikt. Betonspuiten mag alleen worden uitgevoerd door een goed opgeleid en met het werk vertrouwd werknemer (§ 94, lid 5 BauV)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toepassen arbeidshygiënische uitgangpunten en strategie, b.v.: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gewassen stenen voor ballastbed – K/E [52]</li> <li>○ Sproei-installatie toepassen – K/E [52]</li> </ul> </li> <li>• Voor zover mogelijk afval verwijderen en regelmatig schoonmaken – K/E [56][63]</li> <li>• Volgen gezondheidseffecten (arbeidsgezondheidskundig spreekuur en PAGO) en nemen van maatregelen op individueel niveau – K/E [56]</li> </ul>	

**Tabel 9.16 Infoblad C2: Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes**

Risicofactor	Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (verhoogde effecten vanwege ondergrondse arbeid)	C
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes</b>	C2
Komt voor bij	Ondergrondse arbeid tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud met gebruik toxische stoffen (bv. gebruik toxische stoffen voor lekkage herstel, als koelmiddel voor grondbevrozing, bij asfalteren, diverse afbouwwerkzaamheden: verven, lijmen, lassen, opruimen/schoonmaken, productie en opslag, inzet arbeidsmiddelen)	
Gevolgen	Blootstelling aan gevaarlijke stoffen en dampen Gezondheidsschade door blootstelling aan gevaarlijke stoffen en dampen (irritatie slijmvliezen, huid, ogen, gezondheidsschade door inademing, irritatie luchtwegen enz.)	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <p>Er gelden drie wettelijke regimes naast elkaar met verschillende doelstellingen die bijdrage aan gezonde omstandigheden voor werknemers:</p> <p>Arbowet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Algemeen gevaarlijke stoffen regime op basis van hoofdstuk 4 van het Arbobesluit. Onderdelen hiervan zijn o.a.: RI&amp;E, ordelijkheid / zorgvuldigheid / zindelijkheid, verpakking en etikettering, voorkomen van en maatregelen bij ongewilde gebeurtenissen, arbeidshygiënisch regime en grenswaarden, arbeidsgezondheidskundig onderzoek en voorlichting en onderricht. (Afd. 1 van Hoofdstuk 4 AB).</li> </ul> <p>Woningwet (alleen voor de gebruiksfase van een bouwwerk)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Specifieke bouwtechnische voorschriften inzake ontkomen uit een rookcompartiment (Afd. 2.17 Bb). Bij niet voldoen kan men eigenaar aanschrijven tot het treffen van voorzieningen of doen staken van het gebruik op grond van artikel 17 of artikel 18 van de Woningwet.</li> </ul> <p>Wet milieubeheer (alleen voor de gebruiksfase van een inrichting)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De besluiten ex art. 8.40 Wet milieubeheer kennen specifieke ventilatievoorschriften.</li> <li>Artikel 8 van de Wet milieubeheer.</li> </ul> <p><i>Oostenrijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alleen transformatoren met luchtkoeling of met koelmiddelen die bij brand geen gevaarlijke gassen of dampen ontwikkelen mogen worden ingezet, met uitzondering van afgesloten elektrische bedrijfsruimten (§ 97, lid 5 BauV)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Toepassen arbeidshygiënische uitgangpunten en strategie, b.v.: <ul style="list-style-type: none"> <li>Volgen gezondheidseffecten en nemen van maatregelen op individueel niveau – K/E [56][62]</li> <li>Meetstrategie aanpassen aan optreden piekbelastingen en andere beschouwing van gemiddelde blootstellingswaarden – K/E [56][62]</li> <li>Gebruik van pekwater in plaats van ammoniak (vriestechiek) – K [51][62]</li> </ul> </li> </ul>	

Risicofactor	Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (verhoogde effecten vanwege ondergrondse arbeid)	C
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid toxische stoffen en dampen in besloten ondergrondse ruimtes</b>	C2
Maatregelen (vervolg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Plaatselijke en specifieke afzuiging toepassen (bv bij lasdampen of gesloten laskap met aanblaasfilterunit) – E [7][56][62]</li> <li>○ Locale afzuiging/recirculatie met reiniging – E [56][62]</li> <li>• Het milieubevoegde gezag kan gelasten tot stillegging van de activiteit – E</li> </ul>	

**Tabel 9.17 Infoblad C3:** Gevaar door aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimtes

Risicofactor	Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (verhoogde effecten vanwege ondergrondse arbeid)	C
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimtes</b>	<b>C3</b>
Komt voor bij	Diverse werkzaamheden tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud bv. transport personen en materiaal, aanvoer energie en voorzieningen, en inzet arbeidsmiddelen met verbrandingsmotoren, gebruik transformatorolie van generatoren, gasflessen, overige gebruik en opslag brandbare materialen en stoffen) Calamiteiten tijdens ondergrondse arbeid	
Gevolgen	Blootstelling aan bijvoorbeeld dieselrook Gezondheidsschade (irritatie slijmvliezen van ogen en luchtwegen, verstikking, kanker enz.) door blootstelling aan dieselrook	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voorkomen van blootstelling aan kankerverwekkende stoffen. (Afd. 2 van hoofdstuk 4 AB)</li> <li>• Zorgen voor voldoende schone lucht bij gebruik van verbrandingsmotoren in binnenruimten (Art. 7.17c, lid 8, AB)</li> </ul> <p><i>Oostenrijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondergronds in te zetten apparatuur en voertuigen mogen niet op benzine of LPG lopen. Het gebruik van dieselmotoren moet tot het absoluut noodzakelijke worden teruggedrongen. Dieselaangedreven apparatuur en voertuigen mogen alleen worden ingezet indien zij voorzien zijn van een gevaarlijke stoffenarme dieselmotor in combinatie met katalysatoren en roetfilters. De voorschriften uit de voorgaande zin moeten worden aangetoond (bewijs/verklaring). (§ 98, lid 1 BauV).</li> </ul> <p><i>VS</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobiele dieselaangedreven apparatuur die wordt gebruikt bij werkzaamheden waar een verhoogde hoeveelheid gas aanwezig is moet goedgekeurd zijn (1926. 800, i, 2, UC)</li> <li>• Bij het monitoren van luchtverontreinigingen moet zoveel als nodig, een deskundig persoon een redelijke vaststelling doen welke stoffen gemonitord moeten worden en hoe vaak. Daarbij moet rekening worden gehouden met: het gebruik van diesel motoren, explosieve, brandstofgas, de hoeveelheid en de stroming van de ventilatie, zichtbare atmosferische omstandigheden, decompressie van de atmosfeer, lassen, snijden, hittearbeid en fysieke reacties van werknemers op het werken ondergronds (1926.800, j, 1, i, B, UC en 1926.800, j, 1, i, B, 4, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bronbeleid: kiezen voor alternatieve energiebronnen (perslucht of elektriciteit, LPG in tunnels verboden) – K [7][63]</li> </ul>	

Risicofactor	Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (verhoogde effecten vanwege ondergrondse arbeid)	C
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid toxische rook in besloten ondergrondse ruimtes</b>	C3
Maatregelen (vervolg)	<p>in tunnels verboden) – K [7][63]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zo mogelijk gebruik van: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ rookverbranders – K/E [2][5][7]</li> <li>○ zwavelarme gasolie – K [2][5][7]</li> <li>○ partikelfilter (roetfilter) – K [2][5][7]</li> </ul> </li> <li>• Motortechische vernieuwing en regelmatig onderhoud – K [2][5][7]</li> <li>• Verzamelen rookgas in voertuig (bij smalspoorlocomotief bijvoorbeeld maximaal 1 uur mogelijk) – K/E [3]</li> <li>• Overdruk cabines toepassen – E [51][55]</li> <li>• Ventileren – E [55]</li> <li>• Scheiden van werkzaamheden in plaats en tijd – E [61]</li> <li>• Monitoren opbouw concentratie – E [61] en ‘snuffelaars’ van CO en LPG – E [55]</li> <li>• Beoordeling blootstelling individuen (CO en NO), ook na plaatsen roetfilter – K/E [7][61]</li> <li>• Rook door waterbad leiden (onttrekken van zwaveloxide) – E [2][5][7]</li> </ul>	

**Tabel 9.18 Infoblad C4: Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen**

Risicofactor	Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (verhoogde effecten vanwege ondergrondse arbeid)	C
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen</b>	C4
Komt voor bij	Transport personen en materiaal, aanvoer energie en voorzieningen, en inzet arbeidsmiddelen met verbrandingsmotoren tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud Calamiteiten tijdens ondergrondse arbeid	
Gevolgen	Brand en explosies Persoonlijke letsel door brand en explosie Brand en explosies bij calamiteiten	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algemeen gevaarlijke stoffen regime o.b.v. hoofdst. 4 van het AB. Onderdelen hiervan zijn: RI&amp;E, ordelijkheid / zorgvuldigheid / zindelijkheid, verpakking en etikettering, voorkomen van en maatregelen bij ongewilde gebeurtenissen, arbeidshygiënisch regime en grenswaarden, arbeidsgezondheidskundig onderzoek en voorlichting en onderricht (Afd. 1 van Hoofdst. 4 AB)</li> <li>• Voldoende passende brandbestrijdingsmiddelen aanwezig. Indien nodig branddetectoren en alarmsystemen aanwezig (Art. 3.8, lid 1 en 2 AB)</li> <li>• Brandbestrijdingsmiddelen zijn makkelijk bereikbaar (via signalering) en gemakkelijk te bedienen (Art. 3.8, lid 3 en 4 AB)</li> <li>• Indien er in een ruimte gevaar kan bestaan voor explosies mogen werknemers niet naar binnen totdat er een onderzoek is geweest naar het gevaar. (Art. 4.6, lid 1 AB)</li> <li>• Er is sprake van een explosiegevaar indien de concentratie van brandbare of explosieve gassen of dampen hoger is dan 10 volumeprocent van de onderste explosiegrens. (BR 4.6-1, lid 1)</li> <li>• Voor de beoordeling van het explosiegevaar moet worden vastgesteld middels de bepaling van de samenstelling van het mengsel dat een risico vormt t.a.v. brand en/of explosie en vergelijking van de waarde met de explosiegrenzen van de desbetreffende stof(fen). (BR 4.6-1, lid 2)</li> <li>• Indien het explosiegevaar blijft bestaan of wordt vergroot dienen regelmatig herhalingsmetingen te worden verricht (BR 4.6-1, lid 3)</li> <li>• Onderzoek wordt gedaan door personen die op de hoogte zijn van de gevaren en de meetmethoden. Het onderzoek moet eenduidig en betrouwbaar zijn en de resultaten moeten schriftelijk worden vastgelegd. (BR 4.6-1, lid 4)</li> <li>• Bij luchtverversing wordt gebruik gemaakt van explosieveilige apparatuur, en als dit niet mogelijk is via onafhankelijke ademhalingsbeschermingsmiddelen waarvan de luchttoevoer onafhankelijk is van de atmosfeer in de ruimte. (BR 4.6-2, lid 1 + Besluit Explosieveilig Materieel op basis van de Wet op de Gevaarlijke Werkstoffen)</li> </ul>	

Risicofactor	Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (verhoogde effecten vanwege ondergrondse arbeid)	C
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen</b>	C4
Wetgeving (vervolg)	<p>Werktuigen)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruimte moet zijn voorzien van waarschuwbord 'Gevaar' + tekst 'Niet betreden, besloten ruimte', ter voorkoming van het betreden van de ruimte door onbevoegden. (BR 4.6-2, lid 2)</li> <li>• Wanneer sprake is van explosiegevaar moet vonkvrij gereedschap worden toegepast. (BR 4.6-2, lid 5 + Besluit Explosieveilig Materieel)</li> <li>• Adequate brandblusmiddelen van voldoende capaciteit aanwezig. (BR 4.6-2, lid 6)</li> <li>• Werkgever beschikt over noodprocedure in het kader van bedrijfshulpverlening. (BR 4.6-2, lid 7)</li> <li>• Personen dragen reddingsgordel, bij kleine of moeilijk toegankelijke ruimten kunnen andere maatregelen worden getroffen (BR 4.6-2, lid 8 en 9)</li> <li>• Bouwbesluit 2003, afdeling 2.14, leidt in samenhang met de gebruiksvoorschriften van de gemeentelijke bouwverordening, de milieuvoorschriften op grond van de Wet milieubeheer (artikelen 8.1 en 8.40) en de gebruiksvoorschriften van het Arbeidsomstandighedenbesluit (CPR-richtlijnen) tot de noodzaak van brandcompartimentering, rookcompartimentering, beperkte loopafstanden, beperkte hoeveelheden en een afdoende aantal vluchtwegen. Bij niet voldoen kan men eigenaar aanschrijven tot het treffen van voorzieningen of doen staken van het gebruik op grond van artikel 17 of artikel 18 van de Woningwet.</li> <li>• Artikel 8 van de Ww in samenhang met de gebruiksvoorschriften van de gemeentelijke bouwverordening leidt tot de noodzaak van een vergunning brandveilig gebruik. In die vergunning worden nadere voorschriften geregeld.</li> <li>• Eisen m.b.t. brandcompartimentering, rookcompartimentering, beperkte loopafstanden, beperkte hoeveelheden en een afdoende aantal vluchtwegen (Afd. 2.14 Bb + Gebruiksvoorschriften gemeentelijke bouwverordening + eisen uit milieuvergunning, evt. aangevuld met CPR-richtlijnen + AB)</li> </ul> <p><i>VS</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Open vlammen/vuur zijn verboden bij ondergronds bouwen, m.u.v. lassen, snijden en andere hittearbeid. (1926.800, m, 1, UC)</li> <li>• De werkgever mag niet meer diesel ondergronds opslaan dan noodzakelijk voor het gebruik van de dieselapparatuur voor 1 dag (1926.800, m, 3, UC)</li> <li>• Benzine mag ondergronds niet worden vervoerd, gebruikt en opgeslagen (1926.800, m, 5, i, UC)</li> <li>• Acetyleen, LPG en gestabiliseerd methylacetyleen propadieen gas mag alleen worden gebruikt voor lassen, snijden en andere hittearbeid (1926.800, m, 5, ii, UC)</li> <li>• De hoeveelheid gas- en zuurstofcilinders voor het uitvoeren van las-, snij- en hittearbeid moet beperkt blijven voor het gebruik voor een periode van 24 uren (1926.800, n, 1, UC)</li> <li>• Oliegevulde transformatoren mogen ondergronds niet worden gebruikt tenzij ze zijn</li> </ul>	

Risicofactor	Gevaarlijke materialen, stoffen, brand en biologische agentia (verhoogde effecten vanwege ondergrondse arbeid)	<b>C</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen</b>	<b>C4</b>
Wetgeving (vervolg)	aangebracht in een brandwerende ruimte, ze voldoende geventileerd zijn en ze zijn omgeven door een dijk waardoor in geval van een scheuring de olie niet weg kan stromen (1926.800, s, 3, UC)	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risico inventarisatie uitvoeren – K/E [51][53][57][62]</li> <li>• Beperken hoeveelheden brandbaar materiaal – K/E [4][58][62]</li> <li>• Regelmatig schoonmaken – K/E [59]</li> <li>• Toevoeging additieven aan brandbare stoffen (hydraulische olie) – K/E [2][7][24][62]</li> <li>• Kiezen voor alternatieve energiebronnen en materialen – K [7][24][52][59][62]</li> <li>• Installatie ontwerp met fysieke scheiding elektrische en hydraulische systemen – K 24][62]</li> <li>• Een werkvergunningensysteem hanteren – K [4][62]</li> <li>• Regelmatige controle door brandweer – K [58][62]</li> <li>• Bijzondere risicoanalyse in verband met snelle (mogelijk explosieve) ontwikkeling brand in kleine ruimten – E [61][62]</li> <li>• Snelle detectie, melding, doven en blussen, bij voorkeur met automatische systemen – E [24][51][55][59][62][63]</li> <li>• Aanstellen “first responders” – E [24][62]</li> <li>• Training en deskundigheid personeel – E [20][51][52][54][55][62]</li> <li>• Beheersing van de rookverspreiding – E [24][62]</li> <li>• Gebruik persoonlijke beschermingsmiddelen – E [24][51][62]</li> <li>• Speciale aanduiding vluchtroute (verlichte handrail, laaghangende lichtgevende strips) – E [56][59][62]</li> </ul> <p><i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i></p> <p>Hydraulische vloeistoffen zoveel mogelijk moeilijk ontvlambaar en voldoen aan specificaties en beproevingsvoorwaarden betreffende brandbaarheid en aan criteria betreffende de hygiëne. Zo niet dan aanvullende maatregelen nemen (Art.3.37g, lid 3 AB)</p>	



**Tabel 9.19 Infoblad D1: Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal**

Risicofactor	Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek	<b>D</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal</b>	<b>D1</b>
Komt voor bij	Aan en afvoeren personen en materiaal tijdens bouw, gebruik, inspectie en onderhoud met mogelijk extra risico's door: de helling in tunnels, transport van zware elementen, eindstop tijdens bouw van infrastructuur, aanrijdgevaar bij gelijktijdig afbouw (in lange infrastructuur), delen van transportruimte door beperkt oppervlak, aanrijdgevaar tijdens onderhoud door werktrein enz.)	
Gevolgen	Ontsporing of aanrijding (in het bijzonder bij gezamenlijk gebruik van transportruimte, intensief transport bv. bij gelijktijdig afbouw, transport zware elementen, helling transportweg, eindstop) Persoonlijke letsels door ontsporing of aanrijding Aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen (zie C5: <i>Gevaar door aanwezigheid ontstekingsbronnen en brandbare stoffen</i> )	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eisen aan verbindingswegen; voorkomen gevaar werknemers; afmetingen verbindingswegen afstemmen op aantal gebruikers en de aard van het werk (Art.3.14, lid 1 t/m 3 AB)</li> <li>Verkeersregels opstellen buiten openbare weg, met speciale aandacht voor voetgangers (Art. 3.14, lid 4 en 5 AB)</li> <li>Verbindingswegen liggen op voldoende afstand t.o.v. elkaar en indien vereist zijn verbindingswegen afgebakend (Art.3.14, lid 6 en 7 AB)</li> <li>Mobiele arbeidsmiddelen zijn zodanig uitgerust dat gevaar voor personen tijdens vervoer zoveel mogelijk wordt beperkt (Art.7.17a, lid 1 AB)</li> <li>Diverse eisen tegen kantelen / omvallen van mobiele arbeidsmiddelen alsmede eisen tegen bekneld raken, m.u.v. hefrucks. (Art.7.17a, lid 2 t/m 4 AB)</li> <li>Uitrustingeisen aan hefrucks tegen kantelen (Art.7.17a, lid 5 AB)</li> <li>Eisen aan onverhoeds blokkeren van onderdelen van energieoverbrenging tussen het mobiel arbeidsmiddel en hulpstukken of aanhangers; eisen om vervuiling van onderdelen van energieoverbrenging door het over grond slepen te voorkomen. (Art.7.17a, lid 6 en 7 AB)</li> <li>Eisen aan mobiele arbeidsmiddelen met eigen aandrijving. (Art.7.17b, lid 1 en 2 AB)</li> <li>Verhinderen van onverhoeds in beweging komen van elektrisch aangedreven mobiel arbeidsmiddel (BR 7.17b)</li> <li>Mobiele arbeidsmiddelen moeten zijn uitgerust met verlichtingsinstallatie indien het werk in het donker plaatsvindt en tevens zijn uitgerust met brandbestrijdingsmiddelen bij brandgevaar (Art.7.17b, lid 3 en 4 AB)</li> </ul>	

Risicofactor	Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek	<b>D</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal</b>	<b>D1</b>
Wetgeving (vervolg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mobiele arbeidsmiddelen die op afstand worden bediend, moeten automatisch tot stilstand komen wanneer zij het controlegebied verlaten, en indien zij werknemers kunnen aan- of klemrijden zijn zij uitgerust met voorzieningen om dat gevaar te beperken. (Art.7.17b, lid 5 en 6 AB)</li> <li>• Mobiele arbeidsmiddelen met eigen aandrijving moeten door deskundige werknemers worden bediend en evt. mogen er personen mee indien er veilig ingerichte plaatsen zijn en bij werkzaamheden tijdens het rijden moet de snelheid worden aangepast. (Art. 7.17c, lid 1 t/m 3 AB)</li> <li>• Niet meer personen en goederen toelaten dan een veilig gebruik toelaat en bij gebruik van mobiel arbeidsmiddel bij werkzone moeten verkeersregels worden vastgesteld. (Art.7.17c, lid 4 en 5 AB)</li> <li>• Organisatorische maatregelen nemen om werknemers (rondom het arbeidsmiddel) te beschermen tegen mobiel arbeidsmiddelen. (Art.7.17c, lid 6 en 7 AB)</li> <li>• Mobiele arbeidsmiddelen met verbrandingsmotor alleen gebruiken indien er gezorgd is voor voldoende verse lucht (Art.7.17c, lid 8 AB)</li> <li>• Mobiel arbeidsmiddel mag alleen dan verlaten worden indien voorkomen is dat het mobiel arbeidsmiddel onverhoeds in beweging komt (Art. 7.17c, lid 9 AB)</li> </ul> <p><i>Oostenrijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apparatuur en installaties waarmee werknemers worden vervoerd moeten dagelijks voor het gebruik worden beoordeeld door een vakkundig persoon. De installaties mogen alleen na opheffing van de eventueel vastgestelde mankementen worden ingezet (§ 98, lid 6, BauV)</li> <li>• Gedetailleerde minimumeisen aan de afmetingen van tunnels en mijngangen (§ 99, lid 1 t/m 6 BauV)</li> <li>• Gedetailleerde minimumeisen aan de afmetingen van schachten (§ 102, lid 1 t/m 7 BauV)</li> </ul> <p><i>VS</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veiligheidskettingen of andere middelen moeten worden gebruikt ter aanvulling van de koppelingen tussen goederen- en poederwagens, indien de locomotief omhoog rijdt (1926.800, r, 13, i, UC)</li> <li>• Indien de hellingshoek groter is dan 1 procent en er een gevaar is voor het op hol slaan van wagons, moeten er veiligheidskettingen ter aanvulling op de koppelingen tussen de wagons worden gebruikt of de locomotief moet achteraan de trein worden gezet (1926.800, r, 13, ii, UC)</li> <li>• Een veiligheidsketting moet in staat zijn om de verbinding tussen de wagons in stand te houden, indien de koppeling ontkoppelt, kapot gaat of breekt (1926.800, r, 13, iii, UC)</li> </ul>	

Risicofactor	Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek	<b>D</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door inzet diverse voertuigen voor transport personen en materiaal</b>	<b>D1</b>
Wetgeving (vervolg)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geparkeerd spoorwegmateriaal moet geblokkeerd zijn of remmen hebben om onopzettelijke bewegingen te voorkomen (1926.800, r, 15, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Uitvoeren risico inventarisatie en evaluatie – K/E [53][62]</li> <li>Logistiek (veiligheids)plan maken – K/E [3][4][51][62]</li> <li>Akoestische en visuele signalering – K [63]</li> <li>Achteruitkijkmonitoren en camera's – K[63]</li> <li>Werkafspraken transport van en met materieel – K [56]</li> <li>Spoorveiligheid [62]: <ul style="list-style-type: none"> <li>Treffen van algemene spoorveiligheidsmaatregelen – K/E [3][51]</li> <li>Centrale aansturing en bewaking – K</li> <li>Stellen van deskundigheidseisen aan personeel – K [3][51][54]</li> <li>Bijvoorbeeld (bij voorkeur vacuüm) luchtgeremde wagons – K [3][51]</li> <li>Extra (rem)maatregelen treffen bij een helling – K/E [3][51][63] + verklaring functionaliteit – K/E [53]</li> <li>“Dodemansinrichting” op voertuigen – E [3][51][63]</li> <li>Zorgen voor permanente communicatiemogelijkheid – K/E [3][51][56]</li> <li>Kiezen voor alternatief, bijvoorbeeld wieltransport – K/E [51][62]</li> </ul> </li> <li>Goede verlichting – K/E [56]</li> </ul> <p><i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Transportinstallaties veilig aanleggen, gebruiken en onderhouden. Bij vervoer werknemers zorgen voor passende voorzieningen en speciale schriftelijke constructies (Art.7.17d AB)</li> <li>Bij keuze, installatie, ingebruikneming, werking en onderhoud van werktuigbouwkundige en elektrotechnische apparatuur rekening houden met veiligheid en gezondheid werknemers (Art. 7.36b, lid 1 AB)</li> <li>In zones waar brand- of explosiegevaar bestaat is apparatuur aangepast aan dergelijke zones. (Art.7.36b, lid 2 AB)</li> <li>Mechanische apparatuur en installaties bezitten nodige sterkte; vrij van zichtbare gebreken; geschikt voor het gewenste gebruik. Elektrotechnische apparatuur en installaties bezitten nodige kracht en vermogen en zijn geschikt voor het gewenste gebruik. (Art.7.36b, lid 3 AB)</li> <li>Doelmatig plan opzetten voor systematisch inspecteren, onderhouden en beproeven van apparatuur en installaties, door aangewezen deskundig persoon. Inspectierapporten opstellen en bijhouden (Art.7.36b, lid 4 AB)</li> </ul>	

**Tabel 9.20 Infoblad D2: Gevaar ontwerp van installaties en machines tijdens gebruik en bij uitval**

Risicofactor	Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek	<b>D</b>
Ondergronds arborisico	<b>Technische risico's door ontwerp van installaties en machines tijdens gebruik en bij uitvallen</b>	<b>D2</b>
Komt voor bij	Specifiek ondergrondse installaties en machines, zoals tunnelboormachine, hijs- en hefinstallaties (b.v. een erector), voertuigen, vjzels	
Gevolgen	<p>Persoonlijk letsel door ontwerp van installaties en machines niet geschikt is voor de activiteiten</p> <p>Persoonlijk letsel door knellen, vallen enz.</p> <p>Overstroming ondergrondse ruimte door schade of instorting constructiemantel (zie <i>Gevaar door instorting constructie</i>)</p> <p>Verdrinking door overstroming ondergrondse ruimte (zie <i>Gevaar door instroom van water</i>)</p>	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De inrichting van de arbeidsplaatsen en de bij de arbeid gebruikte arbeidsmiddelen moeten redelijkerwijs worden aangepast aan de persoonlijke eigenschappen van de werknemer. (Art.3, lid 1, onder c. AW)</li> <li>• Installaties moeten beschikken over CE-markering, waarmee de fabrikant aangeeft dat hij de installatie heeft ontworpen en gebouwd conform EU-richtlijn machines (Besluit machines obv Wet op de Gevaarlijke Werktuigen)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veilig ontwerpen van de installatie – K/E [4][51][53][62]</li> <li>• Uitvoeren risico analyse conform de Machinerichtlijn – K/E [21][24][52][52][53][62]</li> <li>• Verklaring II-A (CE markering) – K/E [21][24][57][62]</li> <li>• Inspectie en onderhoudsplan hanteren – K/E [4][53][62]</li> <li>• Onderhoudsvoorschriften aanpassen – K/E [59]</li> <li>• Bewustzijn van gevaarlijke machine vergroten – E [62]</li> </ul>	

**Tabel 9.21 Infoblad D3: Gevaar door beschadigen/afsnijden van aanvoerlijnen**

Risicofactor	Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek	<b>D</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door beschadigen/afsnijden aanvoerlijnen</b>	<b>D3</b>
Komt voor bij	Ondergrondse bouwwerken, met name aanleg lange ondergrondse infrastructuur	
Gevolgen	<p>Aanraking spanningvoerende delen          Schade of letsel door aanraking hoge spanning          Schade of letsel door grote drukken          Niet welbevinden, persoonlijke letsel, gezondheidsschade door wegvallen ventilatie, licht, druk, communicatie enz. (Zie B4: Gevaar door gebrekkige luchtkwaliteit, B3: Gevaar door wegvallen kunstverlichting, E3: Gevaar door onvoldoende communicatie)</p>	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werknemers moeten beschermd worden tegen gevaren door beschadiging van kabels en leidingen (Art.3.29, lid 5 AB)</li> </ul> <p><i>V/S</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het vervoer van diesel via een pijplijn van de oppervlakte naar de ondergrondse locatie is toegestaan, indien (1926.800, m, 4, i t/m iv, UC):             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ de diesel wordt opgeslagen in een tank aan de oppervlakte waarvan capaciteit niet groter is dan het gebruik voor de dieselmotoren ondergronds voor 1 dag;</li> <li>○ de oppervlaktetank is verbonden met het ondergrondse tankstation door een adequaat pijp- of slangstelsel, voorzien van een ventiel aan de bovenkant en een voorziening aan de onderkant;</li> <li>○ de pijplijn is altijd leeg, tenzij de diesel wordt overgepompt</li> </ul> </li> <li>• Elektriciteitsleidingen/-draden moeten zijn geïsoleerd, en aangebracht worden op afstand van waterleidingen, telefoonlijnen, luchtslangen en andere geleidende materialen zodat een beschadigd circuit niet een ander systeem beïnvloedt (1926.800, s, 1, UC)</li> <li>• Verlichtingscircuits moeten zo zijn aangebracht dat bij het verplaatsen van mensen en goederen er geen schade kan worden aangebracht aan het circuit. (1926.800, s, 2, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grondig ontwerpen constructie en installaties bijvoorbeeld:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ aanleg op minst bedreigde locatie – K [51][52]</li> <li>○ met functiebehoud bij calamiteiten – E [51][59]</li> </ul> </li> <li>• Uitvoeren risico inventarisatie en evaluatie – K/E [2][53]</li> <li>• Toepassen redundantie – E [51][53]</li> <li>• Beschermende maatregelen treffen zoals, aanrijdbeveiliging – E [51]</li> <li>• Voorzien in noodmaatregelen – E [51][53]</li> </ul>	

**Tabel 9.22 Infoblad D4: Gevaar door montage van zware elementen in besloten ruimtes**

Risicofactor	Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek	<b>D</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door montage zware elementen in besloten ruimtes</b>	<b>D4</b>
Komt voor bij	Aanleg ondergrondse infrastructuur, lining in boortunnels	
Gevolgen	<p>Beperkte mogelijkheden tot veilig en ergonomisch verantwoord werken door beperkte fysieke werkruimte</p> <p>Bezwijken, knellen, letsel, schade. (Zie B1: <i>Gevaar door verblijf in beperkte fysieke ruimtes</i>)</p>	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metaal- en betonconstructies, onderdelen daarvan, bekistingen, prefabelementen of tijdelijke stutten en schoren worden gemonteerd en gedemonteerd onder toezicht van een speciaal daartoe aangewezen persoon (Art.3.31, lid 1, AB)</li> </ul> <p><i>V/S</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondergrondse hijswerkzaamheden moeten worden opgeschort tijdens dieselbevoorrading indien het pijpleidingsysteem in de schacht niet beveiligd is tegen schade (1926.800, m, 4, iv, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruimere planning zodat werkzaamheden niet meer interfereren – K [62]</li> <li>• Uitvoeren risico inventarisatie en evaluatie – K/E [1][2][53][62]</li> <li>• Robotisering – K/E [54][62]</li> <li>• Opstellen montageplan – K/E [53][62]</li> <li>• Aanstellen vaste montageleider – K/E [62]</li> <li>• Gebruik van goed hijsmateriaal en van elementen – K/E [62]</li> </ul>	

**Tabel 9.23 Infoblad D5: Gevaar door instorting constructie**

Risicofactor	Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek	<b>D</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door instorting constructie</b>	<b>D5</b>
Komt voor bij	In de bouwfase door overbelasting, bezwijken, breken, bijvoorbeeld aan de startwand, het boorfront, door waterkolom of drukverhoging	
Gevolgen	<p>Blow out</p> <p>Persoonlijke letsel door blow out</p> <p>Schade of instorting constructiemantel (door blow out of door breuk tussen TBM en tunnelling bij onvoldoende draagkracht kop TBM)</p> <p>Persoonlijke letsel door schade of instorting constructie</p> <p>Overstroming ondergrondse ruimte door falende waterdichtheid, schade of instorting constructiemantel (zie <i>D6: Gevaar door instroom van water</i>)</p> <p>Verdrinking door overstroming ondergrondse ruimte</p>	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ter voorkoming van instorting of overstroming zijn doeltreffende talud- of stutvoorzieningen aangebracht (Art. 3.30, lid 1, AB)</li> <li>• Bekistingen, tijdelijke stutten en schoren kunnen zonder gevaar voor werknemers de krachten dragen waaraan zij blootstaan (Art.3.31, lid 2, AB)</li> <li>• Gebouwen voldoen aan het Bouwbesluit 2003 (artikelen 4 en 44 Ww). Voor de bouwfase geldt voorts: gebouwen en andere opstellen bestaan uit deugdelijk materiaal en een deugdelijke constructie, waardoor er geen gevaar bestaat voor instorting (Art.3.1a en 3.3, lid 1 AB)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grondig ontwerpen en berekenen van optredende krachten tijdens bouwproces, constructie, eventuele tijdelijke voorzieningen aanbrengen – K [1][2][4][51][62]</li> <li>• Uitvoeren risico inventarisatie en evaluatie – K/E [1][53][62]</li> <li>• Voorzieningen aanbrengen (stempels en stutten) – K/E [1][4][62]</li> <li>• Controle tijdens uitvoering – K/E [51][62]</li> </ul> <p><i>Arboretgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De stabiliteit van werkplekken moet regelmatig worden onderzocht (Art. 3.37E lid 2, AB)</li> </ul>	

**Tabel 9.24 Infoblad D6: Gevaar door instroom van water**

Risicofactor	Arbeidsmiddelen, mechanische gevaren, transport en logistiek	<b>D</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door instroom van water</b>	<b>D6</b>
Komt voor bij	In de bouwfase, bijvoorbeeld tijdens het boorproces (waterdichte afsluiting schild)	
Gevolgen	Calamiteit Verdrinking, persoonlijk letsel, dood door overstroming ondergrondse ruimte	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebouwen voldoen aan het Bouwbesluit 2003 (artikelen 4 en 44 Wv). Voor de bouwfase geldt voorts: gebouwen en andere opstallen bestaan uit deugdelijk materiaal en een deugdelijke constructie, waardoor er geen gevaar bestaat voor instorting (Art.3.1a en 3.3, lid 1 AB)</li> <li>• Ter voorkoming van instorting of overstroming zijn doeltreffende talud- of stutvoorzieningen aangebracht (Art. 3.30, lid 1, AB)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grondig ontwerpen en berekenen constructie en installaties – K [1][62]</li> <li>• Uitvoeren risico inventarisatie en evaluatie – K/E [1][53][62]</li> <li>• Uitvoeren controle en onderhoud – K/E [23][51][52][62]</li> <li>• Aanbrengen pompinstallatie (lekwater) – E [51][62]</li> <li>• Calamiteitenplan – E [51][52][53][62]</li> </ul> <p><i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Op plaatsen waar gevaar bestaat voor verdrinking zijn goed zichtbare doelmatige middelen ter redding van drenkelingen beschikbaar. (Art.3.10 AB)</li> <li>• Bij risico van waterdoorbraken winningprogramma opstellen gericht op veilig werksysteem en bescherming werknemers. Herkenbare zones instellen om werknemers te beschermen (Art.3.37f AB)</li> </ul>	



**Tabel 9.25 Infoblad E1: Gevaar door werken in grote en complexe organisaties**

Risicofactor	Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten	<b>E</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door werken in grote en complexe organisaties</b>	<b>E1</b>
Komt voor bij	Grote ondergrondse projecten, meestal infrastructuur	
Gevolgen	Verantwoordelijkheden, taken bevoegdheden zijn niet helder Onvoldoende communicatie (Zie E3: <i>Gevaar door onvoldoende communicatie</i> )	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indien verschillende werkgevers op een terrein actief zijn, moeten zij onderling doelmatig samenwerken (Art.19, lid 1 AW)</li> <li>• Eisen aan de samenwerking van verschillende werkgevers en zelfstandig werkenden voorafgaande aan en tijdens het bouwproces (Afd. 5 van hoofdstuk 2, AB)</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanwezigheid van een veiligheids- en gezondheidszorgsysteem, omvattend: – K/E [4][22][51][52][53][54] <ul style="list-style-type: none"> <li>○ beleid</li> <li>○ organisatie</li> <li>○ planning</li> <li>○ uitvoering</li> <li>○ monitoring</li> <li>○ evaluatie</li> <li>○ doorlichting en verbetering</li> </ul> </li> <li>• Integrale veiligheidsanalyse beginnend met pro-actie (in specificatieproces beginnen met stellen veiligheidseisen t.b.v. bouw- en gebruiksfase) – K/E [57][61]</li> <li>• Integreeren van arbeids- en systeemveiligheid met oog op bereiken synergie in oplossingen omgevings-, publieks- en arbeidsveiligheid – K/E [57]</li> <li>• Aansturing verbeteren door afgesproken kwaliteitssysteem inclusief audits op proces – K/E [51][54]</li> <li>• Expliciteren van opdrachtgeversrol – K/E [56]</li> <li>• Expliciteren van taken en verantwoordelijkheid (voor eindproduct met oog op gebruiksfase) (onderhoudbaarheid) – K/E [57][61]</li> <li>• Goede overdracht projectinformatie en taken en verantwoordelijkheden – K/E [61]</li> <li>• Realiseren van voldoende niveau van deskundigheid in ontwerp en uitvoering – K/E [57][61]</li> <li>• Robuustheid van personen om veiligheidsoplossingen te kunnen promoten – K/E [57]</li> </ul>	

**Tabel 9.26 Infoblad E2: Gevaar door taal –en cultuurverschillen**

Risicofactor	Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten	<b>E</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door taal- en cultuurverschillen</b>	<b>E2</b>
Komt voor bij	Specialistische activiteiten, grote complexe projecten	
Gevolgen	Slechte communicatie en gebrekkige samenwerking tussen personen Menselijke fouten door slechte communicatie ( <i>Zie E3: Gevaar door onvoldoende communicatie</i> ) Ongevallen met persoonlijk letsel, schade	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werknemers moeten doeltreffend worden voorgelicht en onderricht ontvangen over de werkzaamheden, de daaraan verbonden risico's en preventieve maatregelen. (Art.8, lid 1 AW)</li> <li>• Doeltreffende en aan hun taken aangepaste voorlichting m.b.t. arbo voor de werknemers. (Art.8, lid 2 AW)</li> <li>• Werknemers zijn verplicht om voorzichtig en zorgvuldig te werken en naar vermogen zorg te dragen voor de eigen veiligheid en gezondheid en die van andere personen (Art.11 AW)</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanwezigheid van een veiligheids- en gezondheidszorgsysteem – K/E [4][53]</li> <li>• Hanteren van één voertaal – K [51][54][61][63]</li> <li>• Formaliseren van het medezeggenschapsoverleg – K/E [4][54]</li> </ul>	

**Tabel 9.27 Infoblad E3: Gevaar door onvoldoende communicatie**

Risicofactor	Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten	<b>E</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door onvoldoende communicatie</b>	<b>E3</b>
Komt voor bij	Ondergrondse arbeid tijdens gebruik, inspectie en onderhoud	
Gevolgen	Wegvallen bereikbaarheid onderling contact Ontstaan van fouten en ongevallen door ontbreken van benodigde informatie	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bij caissonarbeid moet bij de weergave van veiligheidsvoorzieningen en noodprocedures aandacht zijn besteed aan communicatie (art. 6.14 en 6.15 BR)</li> </ul> <p><i>VS</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Communicatiesystemen moeten door een onafhankelijke energiebron worden gevoed, en moeten zodanig worden geïnstalleerd dat hij op elke plek kan worden gebruikt. Het systeem moet bij iedere start van het werk opnieuw worden getest (1926.800, f, 3 en 4, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Antenne plaatsen in ondergrondse ruimte – K/E [56]</li> <li>Een communicatiesysteem voor alle arbeidsplaatsen (zodanig) – E [4], portoverkeer (inclusief opleiding) – E [62][63]</li> </ul> <p><i>Arbowetgeving winningindustrieën in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen</i></p> <p><i>Artikel 2.41 lid 6 en 7:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Opdat in geval van nood onmiddellijk hulp-, vlucht-, evacuatie- en reddingsmaatregelen kunnen worden genomen, worden, in aanvulling op afdeling 4 van hoofdstuk 2, de nodige alarm- of andere communicatie-systemen ter beschikking gesteld.</li> <li>Indien op een arbeidsplaats in de winningsindustrie slechts één werknemer aanwezig is, beschikt deze over telecommunicatiemiddelen om zich met anderen in verbinding te kunnen stellen.</li> </ul>	

**Tabel 9.28 Infoblad E4: Gevaar door uitvoeren van technisch complexe, nieuwe en innoverende technieken en projecten**

Risicofactor	Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten	<b>E</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door uitvoeren van technisch complexe, nieuwe en innoverende technieken en projecten</b>	<b>E4</b>
Komt voor bij	Grote ondergrondse projecten, meestal infrastructuur	
Gevolgen	Onzekerheden in methoden en constructies, onverwachte nog niet eerder voorgekomen scenario's en gevolgen Gevolgrisiko van hoge moeilijkheidsgraad arbeid (Zie E5: <i>Gevaar door hoge moeilijkheidsgraad arbeid</i> )	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maken van een veiligheids en gezondheidsplan (ontwerpfase) met een risico-inventarisatie en evaluatie (art. 2.27 AB)</li> <li>• Gebouwen voldoen aan het Bouwbesluit 2003 (artikelen 4 en 44 Ww). Voor de bouwfase geldt voorts: gebouwen en andere opstallen bestaan uit deugdelijk materiaal en een deugdelijke constructie, waardoor er geen gevaar bestaat voor instorting (Art.3.1a en 3.3, lid 1 AB)</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maken en indienen van een Veiligheids en gezondheidsdocument – K/E [4][62]</li> <li>• Arbeidsveiligheidsrapport (AVR voor ondergrondse projecten) – K/E [51][52][53]</li> </ul>	

**Tabel 9.29 Infoblad E5: Gevaar door hoge moeilijkheidsgraad arbeid**

Risicofactor	Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten	<b>E</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door hoge moeilijkheidsgraad arbeid</b>	<b>E5</b>
Komt voor bij	Specialistische werkzaamheden of ondergrondse werkzaamheden met hoge moeilijkheidsgraad	
Gevolgen	Onvoldoende deskundigheid personeel Menselijke fouten en ongevallen door onvoldoende deskundigheid personeel Gevolgrisico van hoge werkdruk (Zie E6: <i>Gevaar door hoge werkdruk</i> )	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De arbeidsinhoud moet zoveel als redelijkerwijs mogelijk worden aangepast aan de persoonlijke eigenschappen van de werknemer (Art.3, lid 1, onder c. AW)</li> <li>• Werknemers moeten doeltreffend worden voorgelicht en onderricht ontvangen over de werkzaamheden, de daaraan verbonden risico's en preventieve maatregelen (Art.8, lid 1 AW)</li> <li>• Doeltreffende en aan hun taken aangepaste voorlichting m.b.t. arbo voor de werknemers (Art.8, lid 2 AW)</li> <li>• Werkgever ziet toe op naleving van de verstrekte instructies (Art.8, lid 4 AW)</li> <li>• Werknemer is verplicht de nodige voorzichtigheid en zorgvuldigheid in acht te nemen m.b.t. zijn eigen veiligheid en gezondheid en m.b.t. die van anderen (Art.11 AW)</li> </ul> <p><i>V/S</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veiligheidsinstructie moet betrekking hebben of het herkennen en vermijden van gevaren. Verplichte onderdelen van deze instructie zijn: luchtbewaking, ventilatie, verlichting, communicatie, waterbeheersing, mechanisch materiaal, PBM's, brand- en explosie en noodprocedures (1926.800, d, UC)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deskundigheidseisen en competentie-eisen naleven of stellen voor bepaalde functies – K/E [51][53][54][62]</li> <li>• Specifieke voorlichting en instructies alle ondergronds verblijvende personen in bouwfase – K/E [51][52][54]</li> <li>• Toegangsregeling voor ondergrondse bouwprojecten instellen (tourniquets, persoonlijk paspoort) – K/E [4][24][51][54]</li> </ul>	

**Tabel 9.30 Infoblad E6: Gevaar door hoge werkdruk**

Risicofactor	Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten	<b>E</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door hoge werkdruk</b>	<b>E6</b>
Komt voor bij	Specialistische activiteiten en procesgebonden werk	
Gevolgen	Te hoge belasting voor werknemers Uitval van werknemers door ziekte en niet welbevinden van werknemers Menselijke fouten en ongevallen door te hoge belasting werknemers	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De werkmethode en de arbeidsinhoud moet zoveel als redelijkerwijs kan worden aangepast aan de persoonlijke eigenschappen van de van werknemers (Art.3, lid 1, onder c. AW)</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangbare werkdrukverminderende maatregelen – K [0]</li> <li>• Extra aandacht voor voldoende capaciteit deskundig en specialistisch kaderpersoneel – K/E [54]</li> <li>• Zorgdragen voor juiste contractering en ruimte in planning met oog op veiligheid – K/E [61]</li> </ul>	

**Tabel 9.31 Infoblad E7: Gevaar door lange werktijden**

Risicofactor	Organisatorische en (inter-)menselijke aspecten	<b>E</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door lange werktijden</b>	<b>E7</b>
Komt voor bij	Specialistische activiteiten en procesgebonden werk	
Gevolgen	Concentratieverlies, vermoeidheid, grotere kans op ongevallen Te hoge belasting werknemers (zie E6: <i>Gevaar door hoge werkdruk</i> )	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkgever en werknemers hebben zich te houden aan de standaardregeling hetzij aan de (ruimere) overlegregeling inzake werk- en rusttijden (Arbeidstijdenwet en Arbeidstijdenbesluit)</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Werktijden aanpassen – K/E [51][53][54]</li> </ul>	

**Tabel 9.32 Infoblad F1: Beleving verblijf in besloten ondergrondse ruimtes**

Risicofactor	Psychische aspecten	<b>F</b>
Ondergronds arborisico	<b>Beleving verblijf in besloten ondergrondse ruimtes</b>	<b>F1</b>
Komt voor bij	Ondergrondse verblijf	
Gevolgen	Niet welbevinden in besloten ondergrondse ruimtes (angsten, ondergrondse fobie, claustrofobie enz.) Verlies van welzijn	
Wetgeving	<i>Nederland</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeid zodanig organiseren dat er geen nadelige invloed op de gezondheid van de werknemer ontstaat. De arbeidsinhoud en de werkmethode moeten zoveel als redelijkerwijs mogelijk worden aangepast aan de persoonlijke eigenschappen van de werknemer (Art.3, lid 1, onder a. en c. AW)</li> </ul>	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximalisatie van daglicht en uitzicht in bouwontwerp (b.v. station Rijswijk, koopgoot, situering loges parkeerwachters) – K/E [55]</li> <li>• Beperking ondergronds verblijf door andere toedeling, tijdsverdeling of organisatie van functies – K/E [53][55][58]</li> <li>• Voorselectie van (nieuw) personeel uitvoeren – K/E [51][53][55][56][64]</li> <li>• Werktijdenregeling toepassen – E [51][53][54]</li> <li>• Volgen gezondheidseffecten en nemen van maatregelen op individueel niveau – K/E [56]</li> <li>• Taakrotatie – K/E [56]</li> <li>• Daglichtlampen aanbrengen – E [8]</li> <li>• Witte verlichting (cool white ipv warm white), met sterkte hoger dan het minimum van 50 lux (65 lux) – E [55]</li> </ul>	



**Tabel 9.33 Infoblad F2: Gevaar door agressie door schuilende derden**

Risicofactor	Psychische aspecten	<b>F</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door agressie door schuilende derden</b>	<b>F2</b>
Komt voor bij	Ondergrondse werkzaamheden in gebruiksfase	
Gevolgen	Psychische belasting	
Wetgeving	<p><i>Nederland</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De werkgever voert binnen het algemene arbobeleid, een beleid met betrekking tot het beschermen van werknemers tegen agressie en geweld (art. 4 lid 2 AW)</li> </ul>	
Maatregelen	<p><i>Praktijk</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afsluiten ruimten /toegangsregeling – K [56]</li> <li>• Ongewenste gasten verwijderen – E [56]</li> <li>• Cameratoezicht – K [56]</li> </ul>	

**Tabel 9.34 Infoblad F3: Gevaar door suboptimaal vluchtgedrag bij verblijf in besloten ondergrondse ruimtes**

Risicofactor	Psychische aspecten	<b>F</b>
Ondergronds arborisico	<b>Gevaar door suboptimaal vluchtgedrag bij verblijf in besloten ondergrondse ruimtes</b>	<b>F3</b>
Komt voor bij	Ondergrondse verblijf, voornamelijk bij optreden van calamiteiten	
Gevolgen	Extra gevolgen bij incidenten en calamiteiten	
Wetgeving	<i>Nederland</i> Arbeid zo organiseren dat werknemer bij gevaar kan vluchten en zorgen voor deskundige bijstand op het gebied van bedrijfshulpverlening. (Art. 3, lid 1, onder e en Art. 15 AW, Art. 2.16 t/m 2.22, 3.6 t/m 3.10 en 3.25 AB)	
Maatregelen	<i>Praktijk</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ontwerp ondergrondse ruimte en vluchtwegen aanpassen – K [0]</li> <li>• Goede aanduiding voor vluchtroute – K/E [60]</li> <li>• Crowdcontrol technieken toepassen – K/E [61]</li> <li>• Verbeteren “situational awareness” aanwezig ondergronds in relatie tot vluchten – K/E [61]</li> <li>• Tunneloperator aanstellen – K/E [61]</li> <li>• Alléén werken voorkomen – K/E [56]</li> <li>• Ontruimingsoefeningen houden – K [0]</li> </ul>	

### **9.3 Synthese wetgeving en maatregelen**

Een belangrijk onderdeel van het onderzoek is het in kaart brengen van arborisico's die op kunnen treden bij arbeid in ondergrondse bouwwerken, en aangeven of deze risico's gedekt worden door wetgeving of maatregelen. Deze paragraaf beschrijft een aantal opvallende zaken uit voorgaande arborisico infobladen.

- De wetgeving waaraan geraadpleegde bronnen refereren betreft voornamelijk van toepassing zijnde regelgeving zoals de Arbowet, het Arbobesluit en de Woningwet en het Bouwbesluit. Slechts een enkele keer wordt naar andere wettelijke kaders als bron voor praktijkmaatregelen verwezen.
- De Arbowet is ook van toepassing op werken in de ondergrond, en biedt ook mogelijkheden om risico's in ondergrondse bouwwerken te regelen. De beschikbare wetgevingsregimes zijn niet verbijzonderd naar arbeid in ondergrondse bouwwerken, ondanks de bijzondere en hogere risico's ten opzichte van bovengronds werken. Voor veiligheid blijken andere landen, in tegenstelling tot Nederland, meer exacte grenzen aan te geven, ook specifiek voor ondergrondse ruimten.
- Voor de realisatie van ondergrondse bouwwerken is een specifiek wettelijk kader niet aanwezig. Wel is dit aanwezig in de vernieuwde arboregelgeving inzake winningsindustrie in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen.
- Voor bijna elk genoemd arborisico is wetgeving beschikbaar, al dan niet specifiek voor ondergrondse situaties. Voor een aantal specifieke arbeidssituaties, zoals werken onder overdruk en duikwerkzaamheden bestaat gedetailleerde wetgeving. Voor transport en logistieke werkzaamheden is een algemeen wettelijk kader in het Arbobesluit voorhanden.
- Arborisico's die te maken hebben met psychische aspecten (beleving van verblijf in ondergrondse ruimtes) worden maar gedeeltelijk gedekt door wetgeving. Tegen gevaar door agressie door schuilende derden en

onbevoegden en tegen gevaar door suboptimaal vluchtgedrag is algemeen geldende wetgeving beschikbaar. Maatregelen voor dit gevaar worden door de geraadpleegde bronnen nauwelijks genoemd.

- Het gevaar door onvoldoende communicatiemogelijkheden in de gebruiksfase, bijvoorbeeld door het ontbreken van antennes van mobiele communicatienetwerken onder de grond, kent in Nederland geen expliciete wetgeving.
- In de bouwfase wordt bij caissonarbeid specifiek communicatie als risicofactor genoemd, alsmede in de voorschriften gericht op het toepassingsgebied winningsindustrie in dagbouw, ondergronds of met behulp van boringen. Eisen inzake communicatiemogelijkheden zijn verder niet gevonden.
- Ten aanzien van de effectiviteit van maatregelen wordt door geïnterviewden aangegeven dat met organisatorische en technische maatregelen risico's binnen acceptabele en aanvaardbare grenzen te beheersen zijn. De organisatorische maatregelen zijn deels gebaseerd op de interpretatie van goede praktijken, zonder eenduidige normen hiervoor.
- Arborisico's die tot de organisatorische en intermenselijke gevaren behoren kennen voornamelijk maatregelen in organisatorische sfeer, en zijn zowel kans- als effectbeperkend. Het gaat dan om veiligheidsanalyses en plannen, andere werkwijze in de zin van tijdsduur, tijdstip, locatie. Andere werkwijzen kunnen ook psychische gevaren helpen voorkomen.
- In de ontwerpfase kan al een aantal maatregelen genomen worden, waarmee risico's voorkomen of beperkt kunnen worden. Dit zijn voornamelijk maatregelen in pro-actieve sfeer. Het aanpassen van het ontwerp geldt met name in de categorie fysische risicofactoren door inrichting werkplek en mechanische gevaren door aanwezigheid van arbeidsmiddelen. Ook psychische risicofactoren kunnen met ontwerpaanpassingen aangepakt worden.

- Voor arborisico's die samenhangen met omgevingsaspecten kan met vooronderzoek van die omgeving meer inzicht worden verkregen in specifieke omstandigheden en daarmee het vaststellen van maatregelen om risico's te verkleinen. Door monitoring van bijvoorbeeld grondgesteldheid tijdens het bouwproces wordt de kans op verstoringen en ongevallen ook verkleind. Het verminderen van de gevolgen heeft betrekking op bescherming van personeel via beschermingsmiddelen en nemen van afstand.
- Een aantal maatregelen vindt zijn oorsprong in de sociale en publieksveiligheid, bijvoorbeeld daglichttoetreding. Arbeidsveiligheid kan dus in zekere zin profiteren van de aandacht voor de andere vormen van veiligheid, waarbij een meer integrale benadering kan helpen.
- Het toekennen van taken en verantwoordelijkheden voor de uiteindelijke veiligheid van het gebouwde object met het oog op gebruik, komt vaak voor als praktijkmaatregel.

## 10 Conclusies

Bij aanvang van dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Welke typen van ondergrondse bouwwerken kunnen worden onderscheiden?
2. Welke werkzaamheden vinden plaats in deze bouwwerken in zowel de bouwfase (voorbereidings- en uitvoeringsfase) als de gebruiksfase?
3. Welke specifieke arborisico's lopen werknemers die ondergronds werken in tegenstelling tot werknemers die gelijksoortig werk bovengronds uitvoeren?
4. Welke (inter-)nationale wet- en regelgeving heeft betrekking op de beheersing van genoemde risico's?
5. Welke maatregelen zijn er om de extra arbeidsrisico's te voorkomen of te beperken?

In dit hoofdstuk zijn door middel van de belangrijkste conclusies van het onderzoek de verschillende onderzoeksvragen beantwoord.

### **10.1 Onderzoeksvragen 1 en 2: Bouwwerken en arbeidsprocessen**

Ondergrondse bouwwerken zijn in deze studie alle ondergrondse en in-de-grondse constructies die zich onder het maaiveld bevinden en geheel zijn bedekt met grond of met een bovenliggende constructie. Dit rapport presenteert een aantal typen ondergrondse bouwwerken en geeft aan welke functies ondergronds kunnen voorkomen. Deze bouwwerken zijn:

- Tunnels en infrastructurele voorzieningen voor transport van goederen en mensen;
- Kelderconstructies voor het huisvesten van functies voor werken, vrijetijdsbesteding en opslag.

De arbeidsprocessen in de bouwfase worden bekeken voor:

- Ondergrondse ruwbouwwerkzaamheden (algemeen);

- Boren met vloeistofschild in combinatie met gesegmenteerde tunnelconstructie (specifiek);
- Bergmännische methoden in combinatie met bevrozing als hulptechniek bij ontgraving (specifiek);
- Afgedekte bouwkuip met verhoogde luchtdruk (specifiek);
- Ondergrondse afbouwwerkzaamheden (algemeen).

De arbeidsprocessen in de gebruiksfase worden bekeken voor:

- Weg- en railtransport;
- Werken in industriële ruimtes, overige werkruimtes en ruimtes voor vrijetijdsbesteding;
- Opslag van gevaarlijke stoffen en overige opslag.

In hoofdstuk 4 en 5 worden arbeidsprocessen benoemd en geclusterd op basis van de specifieke ondergrondse arborisico's in de bouwfase respectievelijk de gebruiksfase.

### **10.2 Onderzoeksvraag 3: Risico's van arbeidsomstandigheden**

Als onderdeel van de risico-inventarisatie is op basis van de arbeidsprocessen in ondergrondse bouwwerken een overzicht samengesteld van risicofactoren in de bouw- en gebruiksfase. Hoofdstuk 6 presenteert arborisico's van ondergrondse bouwwerken. Hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 presenteren risico's in specifieke arbeidsomstandigheden in enkele overzichtelijke tabellen. Risico's die benoemd worden zijn die waar ten opzichte van bovengronds een verhoogde kans op bestaat en/of een vergroot effect bij optreed. Uit deze inventarisatie kunnen we een aantal conclusies trekken:

- Risico's van ondergronds bouwen en werken onderscheiden zich algemeen gesproken van die bij bovengronds bouwen en werken door een aantal specifieke eigenschappen:
  - De extra gevaren van “meervoudig” ruimtegebruik t.b.v. verschillende arbeids- en of bedrijfsprocessen en/of publieke functies in tijd en plaats;

- Werkplekken die zich overwegend in beperkte en afgegrensde ruimtes bevinden waarin geen of beperkte daglichttoetreding of uitzicht naar buiten is;
- De diepte waarop zich een en ander plaatsvindt en de daarmee verbonden desoriëntatie en langere aanvalsroutes voor hulpverleners en vluchtroutes voor bedreigden bij calamiteiten;
- Een omgeving van slappe bodem en of water die de werkruimte bij ongevallen kan binnendringen;
- De toepassing van bijzondere arbeidsmiddelen.

Deze eigenschappen betreffen niet alleen gevaren en kansen op blootstelling daarop anders dan bovengronds, maar versterken ook de gevolgen van ongevallen.

- De inventarisatie van arborisico's bij de realisatie en het gebruik van ondergrondse bouwwerken heeft een palet van risico's opgeleverd. Het betreft enerzijds grootschalige calamiteiten zoals door brand of instorting en anderzijds risico's door de nadelige invloed van het geheel of gedeeltelijk ontbreken van daglicht of de psychische beleving van ondergronds te verblijven.
- De benoemde risico's in de bouwfase hebben vooral betrekking op:
  - Externe bedreigingen voor of door de omgeving: bodemgesteldheid, vervuilde grond, obstakels in de bodem en belendingen;
  - Arbeid in werkruimten van beperkte omvang, met beperkt of ontbrekend daglicht en met al dan niet voldoende kunstverlichting waardoor verhoogde kans op fysieke overbelasting en ongevallen bestaat;
  - Inzet van transport- en arbeidsmiddelen in typische ondergrondse omstandigheden, aanrijdingen, beknelling, stap en struikelongevallen, stoten e.d. en verminderde kans op herstel door noodreacties in werkruimten van beperkte omvang, met beperkt daglicht en al dan niet voldoende kunstverlichting;



- Risico's van arbeidshygiënische aard: geluid, trillingen, temperatuur, opbouw schadelijke concentraties (toxische) stoffen, respirabel stof. De ondergrondse situatie heeft daarbij te maken met het samenvallen van meerdere aspecten tegelijkertijd en de effectverhoging en versnelling door besloten ruimten met een beperkte omvang;
- Risico van instorting constructie en instroom van water;
- Risico's bij calamiteiten (brand, explosie, overstroming) voor zowel blootgestelde personen als personeel van hulpverleningsdiensten, met name beperkte en andere beleving van vluchtmogelijkheden alsmede beperkte bereikbaarheid van plaats incident door hulpverlening;
- Risico's door of vanwege het werken in omvangrijke, complexe, organisaties, met vergrote kans op onduidelijke verantwoordelijkheidsverdeling en communicatie;
- Het uitvoeren van werken die soms een grote technologische en organisatorische moeilijkheidsgraad hebben.
- De risico's in de gebruiksfase hebben vooral betrekking op:
  - Psychologische risico's: beleving ondergronds bijvoorbeeld het niet kunnen werken in ondergrondse ruimten (mogelijk door angsten, claustrofobie enz.);
  - Geheel of gedeeltelijk ontbreken van daglicht, waarbij uit de interviews bleek dat risico's door het ontbreken van daglicht of uitzicht nauwelijks genoemd worden maar wel dat daarmee rekening wordt gehouden;
  - Extra risico's door conflicterende activiteiten bij meervoudig ruimtegebruik (transport, opslag, arbeid in beperkte ruimte enz.) en als gevolg daarvan verplaatsing van arbeid naar ongunstige tijdstippen (lange werktijden, nachtwerk);
  - Verhoogde risico's voor personeel in het primaire proces en in het ondersteunend proces door arbeid in kleinere en compacte ruimte ondergronds (bijvoorbeeld concentraties van gevaarlijke stoffen worden

sneller opgebouwd en er is minder bewegingsvrijheid waardoor hogere kans op fysieke belasting en ongevallen);

- Beperkte mogelijkheden om te vluchten bij het optreden van calamiteiten en groot gebrek aan oriëntatie tijdens vluchten (onder andere de vluchtroute tegengesteld aan de gebruikelijke vluchtrichting) alsmede bereikbaarheid door hulpverleners.

### **10.3 Onderzoeksvraag 4: Wetgeving**

Deze vierde onderzoeksvraag heeft betrekking op de aan- of afwezigheid van wetgeving op het gebied van arbeidsomstandigheden in ondergrondse bouwwerken tijdens bouw- en gebruiksfase. Hoofdstuk 7 beschrijft de gebruikte bronnen, namelijk de wetgeving die in Nederland geldt, de regelgeving uit Oostenrijk en VS en wetgeving op supranationaal niveau (EU en ILO). Hoofdstuk 9 noemt per risico de relevante wetgeving uit deze bronnen. Daaruit concluderen we het volgende.

- De Arbowetgeving is van toepassing op het werken in of onder de grond. Dit vloeit voort uit artikel 1 van de Arbowet, waarin wordt vastgesteld dat iedere werkgever-werknemer relatie valt onder het regime van de Arbowet. Voor ondergrondse bouwwerken is ook de Woningwet/Bouwbesluit van toepassing.
- Uit het inventariserende onderzoek blijkt dat voor alle onderscheiden arborisico's minstens generieke wetgeving gevonden is.
- Voor specifieke ondergrondse arbeid, zoals duikwerkzaamheden en werken onder overdruk blijkt meer gedetailleerde wetgeving te gelden dan voor andere aspecten van ondergronds werken.
- Voor transport- en logistieke werkzaamheden is een algemeen wettelijk kader aanwezig.
- Arborisico's die te maken hebben met psychische aspecten worden maar gedeeltelijk gedekt door wetgeving. Tegen het gevaar voor agressie door schuilende derden en onbevoegden en tegen gevaar door suboptimaal

vluchtgedrag is algemene wetgeving beschikbaar. Maatregelen voor deze gevaren worden door de geraadpleegde bronnen nauwelijks genoemd.

- Gevaar als gevolg van onvoldoende communicatie, bijvoorbeeld door het ontbreken van antennes van mobiele communicatienetwerken onder de grond, kent geen expliciete wetgeving. In de geraadpleegde bronnen is één maatregel genoemd. De aandacht voor communicatie(middelen) bij arbeid ondergronds is gevonden bij regels voor caissonarbeid maar niet in de overige arboregelgeving.
- De onderzochte landen (VS en Oostenrijk) en inmiddels ook de ontwerp EU richtlijn tunnelveiligheid blijken meer dan in Nederland exacte grenzen van veiligheid, zowel technisch als organisatorisch, aan te geven die specifiek zijn gericht op ondergrondse ruimten en de arbeid daarin. Te denken valt aan minimumafmetingen voor een ondergrondse schacht, aanstellen van veiligheidsbeambten, eisen aan communicatieapparatuur, typisch ondergronds gebruikte stoffen of arbeidsmiddelen of in acht te nemen afstanden in verband met vluchtwegen. Een gelijksoortige detaillering van onder meer organisatorische (preventieve en preparatieve) veiligheidsvoorzieningen en eisen is wel aangetroffen in bijvoorbeeld andere Nederlandse Arbo- en veiligheidsregelgeving (BRZO en de in het vorige punt genoemde regels voor het winnen van delfstoffen (mijnwerkzaamheden).
- Risico's door bodem- en omgevingsaspecten kennen in sommige landen met een langere traditie in ondergronds werken anders dan in Nederland een specifiek wettelijk kader. In Nederland is dat specifieke wettelijk kader voor de realisatie van ondergrondse bouwwerken niet aanwezig. De recentelijk in het Arbobesluit en de Arboregeling (afdelingen 6 en 6A van hoofdstuk 2 en afdelingen 3, 3A, 3B en 3C van hoofdstuk 3 van het Arbobesluit en paragraaf 3.2 van de Arboregeling) opgenomen voorschriften inzake de winningindustrie hebben formeel juridisch geen betrekking op ondergronds bouwen en vallen buiten de scope van dit onderzoek voor wat betreft het wettelijke kader

(immers bij ondergronds bouwen en andere werkzaamheden ondergronds gaat het niet om het winnen van delfstoffen). De structuur en inhoud van bovenvermelde Nederlandse regelgeving is wel passend bij arbeid in ondergrondse bouwwerken in algemene zin.

- Arbeidsveiligheid blijkt gegeven enkele geïnventariseerde maatregelen in de gebruiksfase te profiteren van de aandacht voor publieks- of verkeersveiligheid in de ontwerpfase. In de onderzochte regelgeving wordt deze synergie slechts deels in regelgeving teruggevonden zoals in het nieuwe Bouwbesluit en de aldaar recent opgenomen regels en afstemming met het hoofdstuk inrichting arbeidsplaatsen uit het Arbeidsomstandighedenbesluit alsmede bepalingen in de afdeling Bouwproces uit dit besluit.

#### **10.4 Onderzoeksvraag 5: Maatregelen**

De wijze waarop met risico's wordt omgegaan staat centraal in de laatste onderzoeksvraag. Hoofdstuk 9 geeft een overzicht van de maatregelen die in de praktijk worden toegepast, zoals blijkt uit de interviews, uit de literatuur en uit de risico-inventarisatie en -evaluaties. De beschouwing geeft aanleiding tot de volgende conclusies:

- De geïnventariseerde maatregelen zijn toe te delen aan de fasen in de zogenaamde veiligheidsketen. Zowel proactieve, preventieve als repressieve maatregelen zijn geïnventariseerd.
- Reeds in de ontwerpfase van een ondergronds bouwwerk worden, na afweging van alternatieven, keuzen gemaakt ten aanzien van constructie, inrichting en uitrusting van een bouwwerk. De resultaten van die keuzen vormen de context waarbinnen maatregelen ter beheersing van arborisico's kunnen worden getroffen, zowel tijdens de bouw als later tijdens de gebruiksfase bij inspectie en onderhoud. Bijvoorbeeld, wat betreft vluchten of het treffen van maatregelen die blootstelling aan schadelijk geluid voorkomen of in de gebruiksfase beheersbaar maken. Langs die weg kunnen mogelijke gevaren al in een vroeg

stadium worden onderkend en geëlimineerd. De maatregelen in het bronbeleid zijn dus maatregelen in pro-actieve sfeer. Tot pro-actie behoort niet alleen het maken van beleidskeuzes en de eliminatie van gevaren aan de bron, maar ook de maatregelen die gericht zijn op het voorkomen en bestrijden van gevaren in noodsituaties.

- Bijna alle maatregelen in de praktijk zijn toe te delen of het rechtstreekse gevolg van bestaande arbo- of bouwregelgeving, zij het in meerdere gevallen aan algemene of doelvoorschriften. Op zich kan daaruit geconcludeerd worden dat de regelgeving een afdoende kader biedt maar anderzijds staat niet vast wat specifiek in op de complexe situatie van ondergronds bouwen en werken gerichte minimumvereisten zijn, zoals bijvoorbeeld minimumvereisten voor werkruimten.
- Met name bij het implementeren van generieke wetgeving geschiedt de concrete invulling door betrokken ondernemers zelf. Meerdere voorbeelden zijn in dit rapport genoemd.
- De maatregelen in de bouwfase hebben vooral betrekking op:
  - Intensieve risicoanalyses en het treffen van unieke organisatorische en technische maatregelen voor het voorkomen of beperken van risico's in een aantal gevallen gericht op zowel de bouw- als gebruiksfase.
  - (Voor)onderzoek naar de bodemgesteldheid, vervuilde grond, obstakels in de bodem en belendingen en een monitoring tijdens de realisatiefase. Deze maatregelen (bijvoorbeeld het maken van een veiligheids- en gezondheidsplan) zijn gebaseerd op de interpretatie van goede praktijken en wettelijke vereisten.
  - Transport en arbeidsmiddelen in typische ondergrondse omstandigheden: meerdere maatregelen zijn genoemd, waarbij het tijdens dit onderzoek opviel dat een aantal maatregelen pas getroffen zijn, nadat zich ernstige ongevallen hadden voorgedaan.

- Maatregelen van arbeidshygiënische aard: geluid, trillingen, temperatuur, opbouw schadelijke concentraties (toxische) stoffen, respirabel stof. De maatregelen hebben een repressief karakter, het zoveel mogelijk beheersen van de ondergronds aanwezige risicobronnen. Meerdere maatregelen worden gepresenteerd hoe bijvoorbeeld het gevaar van uitlaatgassen kan worden bestreden. Bronaanpak wordt wel genoemd maar dit is minder praktisch, soms omdat dit überhaupt niet mogelijk is.
- Er worden algemeen gesproken door ontwerpende en uitvoerende partijen veel maatregelen genomen om instorting van de constructie en instroom van water te voorkomen. Deze maatregelen treffen ondernemers niet zo zeer omdat daar generieke regelgeving voor is, maar omdat het belang ervan essentieel gevonden wordt bij projecten.  
Maatregelen zijn zowel preventief als repressief. De beheersing van deze risico's manifesteert zich niet alleen in de ontwerpfase, maar mede gedurende de bouwfase bij complexe processen. Veiligheidsmaatregelen zijn dan veelal specifiek door ondernemers vastgesteld. Enkele bronnen geven aan dat uitvoeringsbeheersing onder druk kan staan en niet altijd voldoende effectief is.
- Het aantal in de literatuur en in interviews genoemde maatregelen t.a.v. calamiteiten (brand, explosie, overstroming): is relatief groot en overwegend repressief van karakter.
- Een eenduidig kader in termen van nodige analyses, opzet en structuur van beheersmaatregelen, minimum veiligheidsniveaus, volgen van de veiligheidsketen (pro-actie tot nazorg en herstel en daarmee het verbreden van onder meer het BHV-concept) ontbreekt.
- Het belang van het hebben van een robuust en 'state of the art' arbo- of veiligheidsmanagementsysteem in relatie met het werken in omvangrijke, complexe, internationale organisaties is door meerdere geïnterviewden aangegeven. Belangrijke genoemde onderdelen zijn onder meer de verantwoordelijkheidsverdeling en communicatie. Uit de geïnventariseerde

beheersmaatregelen volgt een uitgebreide reeks van organisatorische maatregelen die nodig zijn om tot beheerste arbeidsomstandigheden te komen. Ook wordt vermeld dat de omvang en complexiteit van infrastructurele projecten dermate bijzonder is, dat een specifiek veiligheids- en gezondheidssysteem nodig is. De OHSAS 18001 biedt daarvoor een kader maar is onvoldoende specifiek om direct te worden toegepast.

- De maatregelen in de gebruiksfase hebben vooral betrekking op:
  - Het wegnemen of verminderen van negatieve beleving ondergronds te zijn en het aanpassen van de inrichting van ondergrondse ruimten (ruimtelijk, overzichtelijk, transparant);
  - Het geheel of gedeeltelijk ontbreken van daglicht en uitzicht kan in bestaande situaties en soms zowel in de ontwerpfase worden aangepakt. Voorbeelden van maatregelen zijn in dit rapport opgenomen;
  - Uit de geïnventariseerde beheersmaatregelen blijkt dat het voorkomen van gezondheidsschade in de gebruiksfase behalve op preventieve maatregelen zich ook dient te richten op het monitoren van gezondheidseffecten specifiek ten gevolge van ondergronds werken;
  - Het toekennen van taken en verantwoordelijkheid voor de uiteindelijke veiligheid van het gebouwde object met het oog op de gebruiksfase wordt meermalen genoemd in de raadgepleegde bronnen. Gewezen wordt op de noodzaak van een integrale verantwoordelijkheid voor de effectieve beheersing van alle risico's in de gebruiksfase van een ondergronds bouwwerk.
- Arbeidsveiligheid blijkt, gegeven de geïnventariseerde maatregelen in de gebruiksfase, te profiteren van de aandacht voor publieks- of verkeersveiligheid in de ontwerpfase maar blijft in de desbetreffende analyses en regelgeving onderbelicht. Een integrale benadering van deze veiligheidsaspecten is wenselijk, zodat ook voor de beheersing van arbeidsveiligheid in de bouw en bij gebruik een integrale veiligheidsbenadering wordt gehanteerd.

- Arborisico's die tot de organisatorische en intermenselijke gevaren behoren, leiden voornamelijk tot maatregelen in de organisatorische sfeer, en zijn zowel kans- als effectbeperkend. Het gaat dan om veiligheidsanalyses- en plannen, andere werkwijze in de zin van tijdsduur, tijdstip, locatie. Andere werkwijzen (taakroulatie) kunnen ook psychische gevaren helpen voorkomen.
- Het bestrijden van ongevallen en calamiteiten vraagt om een bijzondere aanpak. De brandveiligheid alsmede de eisen ten aanzien van openbare hulpverlening en bedrijfshulpverlening zijn complexer dan die voor bovengrondse gebouwen. Meer nadruk is ook hier nodig voor bestrijding van het gevaar aan de bron (proactie en preventie). Gebruikelijke maatregelen voor BHV gaan in de praktijk van ondergronds bouwen meer in de richting van verbijzondering en verbreding van de BHV-organisatie met bedrijfsbrandweercachtige kenmerken: snelle en bijzondere response in aanvulling op OHD in plaats van voorpost alleen in combinatie met bijzondere technische brandveiligheidsmaatregelen.



## Literatuur

- Andrews, R, Cloke, J, **Environmental Considerations for Highway Tunnels**, p 307-312 of Proceedings of the IABSE Colloquium Held Stockholm 1998 – Tunnel Structures, Volume 78, 1998
- Arends, G. **Handboek ondergronds bouwen, Deel 1 – ondergronds bouwen in breed perspectief**; Centrum voor Ondergronds Bouwen, Gouda, 1997
- Wijziging Arbeidsomstandighedenregeling**, Besluit tot wijziging van de arbeidsomstandighedenregeling (veiligheid en gezondheid van werknemers in de Mijnbouwsector; werken onder overdruk en enige andere wijzigingen) *in* Staatscourant 23 december 2002, nr. 247/pag.35
- Bauarbeiterschutverordnung**, Bundesgesetzblatt nr. 340/1994 i.d.g.F
- British Standards Institution, **Code of practice for safety in tunnelling in the construction industry**, BS 6164, 2001
- BTC Botlek, **V&G-plan ontwerpfase BTC Botlek**, 970925/80.04 en **Aanbevelingen V&G management review/evaluatie Boortunnelcombinatie Botlek**
- BTC Gelderse Poort, **Risico-inventarisatie en evaluatie Boortunnelcombinatie Gelderse Poort**
- Chow, F.C., Paul, T., Vahaaho I.T., Sellberg B., Lemos, L.J.L. **Hidden aspects of Urban Planning: Utilisation of Underground Space**, Proc. 2nd Int. Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering, 2002
- COB/Min BZK, **Leidraad en studies ondergrondse bouwwerken**, N120, Gouda/Den Haag, 1999
- COB, **Nota Bouwputten**, Centrum voor Ondergronds Bouwen Dienst Bouwen en Wonen, 1992
- COB, **Arbeidsomstandigheden Boorproces**, COB N800-01, Gouda, 2001
- CUR/COB, **Risicoanalyse bouwfase boortunnels**, N510-01, Gouda, 1997
- CUR/COB, **Gaan gemeenten ondergronds? Inventarisatie ondergronds bouwen**, Werkrapport N700-01, Gouda, 1997

- CUR/COB, **Inventarisatie nieuwe tunnel- en sleuftechnieken**, Werkrapport M 210-01, Gouda, 1996
- Dunnen, R. den, **Openingspeech secretaris-generaal VROM**, 5<sup>de</sup> Internationale Conferentie over Ondergronds Bouwen, 1992
- EMERGOS, **Checklist voor de inrichting van bedrijfsnoodorganisaties**, TNO Arbeid, Nibra en Kiwa, TNO Arbeid, Hoofddorp, 2002
- EN 1050, **Checklist identificatie van gevaren van machines**.
- EN 292-1: 1994 **Safety of machinery; Basic concepts, general principles for design; Part 1: basic terminology, methodology**, CEN, 1994
- EN 292-2: 1996 **Safety of machinery; Basic concepts, general principles for design; Part 2: Technical principals and specifications**, CEN, 1996
- EN 1050: 1996 **Safety of machinery – Principles of risk assessment**, CEN, 1996
- ENCI, **Ondergronds bouwen: een nieuwe wereld onder het maaiveld**, Vereniging Nederlandse Cementindustrie/ Stichting Beton Prisma, Den Bosch, 1993
- Europese Gemeenschappen, **Richtlijn betreffende de minimumvoorschriften ter verbetering van de veiligheid en de gezondheid van werknemers in de winningindustrieën die delfstoffen winnen met behulp van boringen**, Richtlijn 92/91/EEG van de Raad van 3 November 1992 (elfde bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16. lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG), Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, L-348 van 28 November 1992
- Europese Gemeenschappen, **Richtlijn betreffende de minimumvoorschriften ter verbetering van de bescherming van de veiligheid en de gezondheid van werknemers in dagbouw of ondergronds**, Richtlijn 92/104/EEG van de Raad van 3 November 1992 (twaalfde bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG), Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen, L-404 van 31 December 1992
- Europese Gemeenschappen, **Voorstel voor een richtlijn van het Europees Parlement en de Raad inzake minimale veiligheidseisen voor tunnels in**

- het transeuropese wegennet**, Commissie van de Europese Gemeenschappen, Brussel, 30 december 2002, COM (2002) 769 definitief. 2002/0309 (COD)
- Infra **Uitvoeringsdocument Speerpunt Klimaat1**, 11-2002, intern rapport Arbeidsinspectie
- Krogt, R.A.A van der (red.), **Strategische studie ondergronds bouwen**, Delft/Gouda, 1997
- Lloyd's Register Management Services, **De beoordeling veiligheidsmaatregelen uitvoeringsfase Sophiaspoortunnel**, augustus 2000
- Luten, I. et. al. **Daglichtbeleving ondergronds, sociale veiligheid door licht en zicht**, Technologie en Samenlevingreeks, Senter, Den Haag, 1999
- Ministerie van BZK, **Veiligheid in boortunnels tijdens de bouwfase**, Den Haag, 2001
- Ministerie van SZW, **Arbo informatieblad 1**, Arbo en verzuimbeleid, Den Haag, 2000
- Nederlands Normalisatie-instituut, **OHSAS 18001 (nl) Arbo-managementsystemen- Specificatie**, vertaling Occupational Health and Safety Assessment-Specification, Delft, 2000
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA), **Safety and health for construction, Underground construction, caissons, cofferdams and compressed air** (1926 Subpart S), Regulations Part 1926, section 800 of Title 29 of the Code of Federal Regulations (29 CFR 1926.800).
- Q-Park, **Crisiscommunicatieplan**, (conceptversie d.d. 1.2 2003), Maastricht, 2003
- Q-park, **Calamiteitenplan Zwolle Eiland3**, concept v 27.05, Q-park, Maastricht
- Ressi di Cervia, A. **New techniques in Difficult Ground Tunneling**, in Transportation Research Record, No. 1740, 2000
- Graaf, G. de, **Smalspoor onder de Westerschelde, Op de rails**, 2002-09
- Strukton, **Werken in tunnels in relatie tot VGM**, 04-99, intern document, 1999
- Tiefbau, **Sicherheitseinrichtungen bei Hochspannungsanlagen im Tunnelbau**, vol 112, 2000

Vogel, M. H.P. Rast, **AlpTransit-safety in construction as a challenge: safety aspects in very deep tunnel construction**, in Tunneling and underground Space Technology, Vol, 15, 2000

Westerscheldetunnel, **Integraal Veiligheidsplan Westerscheldetunnel**

## Begrippen en afkortingen

AB	Arbeidsomstandighedenbesluit
AI-blad	Arbo-informatieblad
AR	Arbeidsomstandighedenregeling
arbo	arbeidsomstandigheden
ATEX	Atmosphere Explosives
AVR	Arbeids Veiligheids Rapport
AW	Arbeidsomstandighedenwet
BauV	Bauarbeiterschutzverordnung
Bb	Bouwbesluit
BHV	Bedrijfshulpverlening
BR	Beleidsrichtlijnen
BRZO	Besluit Risico's Zware Ongevallen
CEN	Comité Européen de Normalisation
COB	Centrum voor Ondergronds Bouwen
CPR	Commissie Preventie Rampen
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europese norm, uitgegeven door CEN
FMEA	Failure Mode Effect Analysis
HSE	Health & Safety Executive
HAZOP	HAZard and Operability
ILO	International Labour Organisation
ISO	International Standardization Organisation
KLIC	Kabels en Leidingen Informatie Centrum
MO	Mijnbouw ondergronds
NEN	Nederlandse Norm, uitgegeven door het NNI
NNI	Nederlands Normalisatie Instituut

OHD	Openbare hulpdiensten
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
pbm	persoonlijke beschermingsmiddelen
RI&E	Risico-Inventarisatie en -Evaluatie
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein
Stcrt	Staatscourant
TBM	Tunnelboormachine
UC	Underground Construction, Caissons, Cofferdams and Compressed Air, Deel van de Amerikaanse Safety and Health Regulations for Construction
Ww	Woningwet

## **Bijlage I Leden Klankbordgroep en Begeleidingsgroep**

### **Klankbordgroep**

De heer J. Warning	FNV Bondgenoten
De heer A.J.H. Voermans	Ministerie van BZK
De heer G.N.M. van der Maat	Arbeidsinspectie
De heer J.J.H. Koning	VNO-NCW
De heer A.R. Hale	TU Delft
De heer A.C.P. Frijters	Stichting Arbouw
Mevrouw I. van Berkel	COB
De heer A.J. van der Padt	Ministerie van V&W – Rijkswaterstaat

### **Begeleidingsgroep Ministerie van SZW**

Mevrouw N.M. van Zadelhoff	A&G/W&P
De heer A.P.C. van Duijn	A&G/W&O
De heer A.J. van Yperen	A&G/W&O





## Bijlage II Onderzoeksverantwoording

Het onderzoek is uitgevoerd door onderzoekers van TNO Bouw en TNO Arbeid. Dit rapport, als resultaat van het onderzoek, heeft de interne kwaliteitstoets van TNO met succes afgelegd. De onderzoekers hebben gewerkt volgens de aanpak zoals die in bijlage 2 bij offerte 2002-42-102 genoemd is. Voor de volledigheid wordt de samenvatting van deze aanpak hier herhaald.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Fase</b>	Functie en proces in ondergrondse bouwwerken	Arbeidsomstandighedenraamwerk	Wet- en regelgeving	Risico-inventarisatie en analyse
<b>Aanpak</b>	Functieanalyse Procesanalyse Interviews Literatuur	Werksessie Informatiestructuur Casuïstiek	Expertise Literatuur	Interviews Expertise Literatuur Risicoanalyse
<b>Resultaat</b>	Stand van zaken en toekomst ondergronds  Inzicht in arbeid tijdens - Bouw - Gebruik - Calamiteiten	Structuur en raamwerk voor veiligheidsbeschouwingen en inventarisatie  Algemene inventarisatie risico's ondergronds  Interviewprotocol	Nationaal Internationaal  Wetgeving voor risico's is - Niet aanwezig - Half aanwezig - Aanwezig  Witte vlekken in regelgeving	Risico's bij bouw, gebruik en calamiteiten  Inzicht risico's gedekt door maatregelen of wetgeving

**Tabel II.1 Schematische weergave van aanpak**

TNO heeft het onderzoek in vier fasen opgedeeld (zie Tabel II.1)

A: Functie en procesanalyse van ondergrondse bouwwerken

B: Arbeidsomstandighedenraamwerk en risico-inventarisatie ondergrondse bouwwerken

C: Wet- en regelgeving

D: Risico-inventarisatie en –analyse

## **II.1 Fase A: Functie en procesanalyse van ondergrondse bouwwerken**

Allereerst wordt in **fase A** onderzocht en inzicht verkregen in “Ondergrondse bouwwerken”. Wat zijn gangbare bouwmethoden en functies van ondergrondse bouwwerken in de latere gebruiksfase? Wat is het volume hiervan en wat zijn trends? Experts en deskundigen op het terrein van ondergronds bouwen bij TNO Bouw afdeling Civiele Infrastructuur zullen zich hiermee belasten. De structurering van dit onderdeel is gericht op “arborisico’s”, maar onderzoekt ze nog niet.

## **II.2 Fase B: Arbeidsomstandighedenraamwerk en risico-inventarisatie ondergrondse bouwwerken**

**Fase B** is een samenwerking van TNO Bouw en TNO Arbeid waarin het Arbo- en onderzoekskader geschetst wordt. Om dit te bepalen is een werksessie gehouden met experts op het gebied van bouwwerkzaamheden, arbeidsomstandigheden, veiligheid en gezondheid. Als voorbereiding voor deze sessie zijn schetsen van enkele modellen gemaakt en praktijkvoorbeelden van projectrisicoanalyses en V&G-plannen voor ondergrondse bouwprojecten verzameld.

Vervolgens is een structuur opgesteld ten behoeve van het vastleggen, verwerken en clusteren van informatie uit de literatuurrapporten, de risicoanalyses en de interviews. De basis wordt gevormd door een groslijst van algemene risico’s die bij ondergrondse arbeid aanwezig kunnen zijn. Deze structuur maakt het mogelijk om in fase D aan de hand van interviews met experts op het gebied van ondergronds bouwen en arbeidsomstandigheden, werknemers en projectbezoeken, de risico’s en maatregelen nader te specificeren en te detailleren. Per arborisico’s is het daarna mogelijk de casuïstiek tussen wetgeving en de gangbare en mogelijke maatregelen te beoordelen.

Op basis van het inzicht dat gaandeweg ontstaat over arborisico’s, maatregelen en de relevante wetgeving, zijn ten behoeve van fase D vragen samen te stellen voor de interviews met de vertegenwoordigers van de geïdentificeerde groeperingen.

Besloten is af te zien van het onderzoeken van ongevallendatabases. De Stichting Arbouw heeft een specifiek op bouw gerichte ongevallendatabase. Daarnaast beschikken de Arbeidsinspectie en de Stichting Aboma over dossiers met onderzoeksgegevens van gegevens van (bouw)ongevallen in Nederland. Op basis van ervaring in eerdere onderzoeken is vastgesteld dat zelfs een arbeidsintensieve analyse van deze databases relatief weinig bruikbare gegevens zou opleveren in vergelijking met onderzoek van andere bronnen.

### **II.3 Fase C: Wet- en regelgeving**

De wet- en regelgeving is **fase C**. Hierbij wordt vanuit de algemene structuur van arbowetgeving in de EU en nationaal, “afgedaald” naar specifieke normen binnen de scope van dit onderzoek. Ook wordt geïnventariseerd welke regelgeving er is in landen die toonaangevend zijn bij realisering en toepassing van ondergrondse bouwwerken.

Voor het inventariseren van de regelgeving is gebruik gemaakt van een zoekprofiel, om in regelgeving en wetgeving de juiste bronnen op te kunnen sporen. Databases die gebruikt zijn, zijn Picarta ( Nederlandse Centrale Catalogus) en op internet bij de diverse instanties (o.a. ILO, EG, HSE, European Foundation for the improvement of living labour conditions, International Tunnelling Association, Her majesty’s stationary office, Centrum Ondergronds Bouwen).De volgende trefwoorden zijn gebruikt in het zoekprofiel:

Ondergronds (onder water, beneden maaiveld, zonder daglichttoetreding, besloten ruimten) en veiligheid, gezondheid en bedrijfsnoodorganisatie, bedrijfshulpverlening

Bouwen	Transport(systemen) (transportation)
Werken	Tunnels (tunnel, cut/scoop)
Arbeid	Kelders
Ondergrondse (underground, metro)	Winkels

Bouwwerken	Ziekenhuizen
Infrastructuur (infrastructure)	Opslag
Bouwprojecten	Parkeren (underground carpark)
Bedrijven	Fabrieken
Publieksruimten	Kanaaltunnel
Publieke ruimten (public, openly)	(Under the Channel, the Chunnel, the
Werkplaatsen	Channel)
Wegen (underpass, fly-under, subway)	Tunnelbouw
Vervoer(systemen)	(tunnel building/ tunnel construction)

Alle bovenstaande trefwoorden zijn gecombineerd met de onderstaande trefwoorden:

Wetgeving (legislation)

Regelgeving (regulation, rules, issuing/ giving of rules)

Voorschriften (regulation, rul)

Directieven (leading)

Richtlijn (guideline)

Besluiten (decision/decision-making)

Aanvullende informatie.

[www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk)

Veel documenten hebben betrekking op de mijnindustrie.

[www.hmso.gov.uk](http://www.hmso.gov.uk)

Her majesty's stationary office

<http://europa.eu.int>

De Europese Unie site

[www.ita-aites.org](http://www.ita-aites.org)

International Tunnelling Association

[www.cob.nl](http://www.cob.nl)

Nieuwsbrief

[www.multiplespaceuse.com](http://www.multiplespaceuse.com)

(= Commercieel bedrijf)

Bij uitvoeren van de werkzaamheden binnen Fasen A t/m C zijn experts afkomstig van TNO bijgetrokken geweest, zie Tabel II.2.

**Tabel II.2      Experts betrokken bij het onderzoek**

Experts	Naam	Onderwerp	
TNO Bouw	F.B.J Gijsbers	Ondergronds bouwen	Expert Fase A
TNO Bouw	A.C.W.N. Vrouwenvelder	Risico-analyse	Expert Fase B
TNO Bouw	N.P.M. Scholten	Bouwregelgeving	Expert Fase C

#### **II.4      Fase D: Risico-inventarisatie en –analyse**

**Fase D** is de dataverzameling, het veldwerk en het trekken van de conclusies. Waar mogelijk is ook gekeken naar de aantoonbare effectiviteit van maatregelen. Aan de hand van de informatie en structuren uit de eerdere fasen wordt op systematische wijze “ingevuld” welke maatregelen bestaan en toegepast worden. Aan de hand hiervan kan de status van de effectiviteit van de maatregelen worden beschouwd, waarbij de persoonlijke standpunten zijn gefilterd.

##### **II.4.1 Interviews**

De interviews vormen een belangrijke stap in deze fase. Er zijn interviews gehouden met experts, vertegenwoordigers van belangengroeperingen en gebruikersgroepen, en arbodeskundigen van projecten, zie Tabel II.3.

Het doel van de interviews is:

- toetsen/aanvullen van arborisico's - en arbeidsprocessenlijsten uit fase A
- identificeren/inventariseren van wettelijke voorschriften (te gebruiken voor toetsen/aanvullen van voorschriftenlijsten uit fase C)
- identificeren/inventariseren van gangbare maatregelen
- inzicht krijgen in (aantoonbare) effectiviteit van maatregelen

Bij de interviews is gebruik gemaakt van twee protocollen gericht op de bouw respectievelijk het gebruik:

- Protocol A: gericht op voorkomende risico's specifiek bij bouwproject (tunnel en overig)

- Protocol B: gericht op voorkomende risico's bij gebruik ondergrondse bouwwerken

Daarnaast is gebruik gemaakt van twee exploratieve interviews en een projectbezoek om de arbeidsprocessen in kaart te brengen met de daarbij horende risico's.

**Tabel II.3 Interviewpartners inclusief onderwerp**

<b>Bouwfase</b>	<b>Naam</b>	<b>Onderwerp</b>	<b>Functie</b>	<b>Protocol</b>
Advibeg	J.C. Janssen	Veiligheidskunde	Tunnelbouw	exploratief
Struktongroep	S.A. van Doorn	Risico's bij tunnelbouw	Tunnelbouw	exploratief
Holland Rail Consult	M. Baan Hofman	Arbeidsomstandigheden bouw en gebruik spoortunnels	Tunnelbouw	A
Arbeidsinspectie	G.N.M. van der Maat	Ondergrondse projecten	Overig	A
FNV Bouw	J.M. van der Borgt	Beleving van risico's ondergronds bouwen	Tunnelbouw en overig	A
TU Delft	J.A. Stoop	Veiligheid en risico's	Tunnelbouw en overig	A+B
<b>Gebruiksfase</b>	<b>Naam</b>	<b>Onderwerp</b>	<b>Functie</b>	<b>Protocol</b>
Achmea-Arbo	J.A. van. den Brink	Onderhoud en spoorveiligheid	Vervoer	B
RET	A. Zweers	Proces van metro en spoorveiligheid	Vervoer	B
V&D	J. Muller	Arbodeskundige Werknemer	Handel	B
Raad Ned. detailhandel	J.J. Fokke	Werknemer	Handel	B
KLM Groundservices	E. Haremaker, R.T.M. Kuiper	Werknemer	Opslag/werken algemeen	B
Q-park	J.J. M Bongarts B.W.L. Nols L. van der Hoogen	Werknemer	Opslag/werken in parkeergarage	B
Dir Brandweer (Ministerie BZK)	L. van Vliet, P.A. Dekker	Brandweer	Calamiteiten	B

## **II.4.2 Interviewprotocol bouwfase (protocol A)**

### ***Aanvullend doel***

- inzicht krijgen in beleving van arbeidsomstandigheden ondergronds
- informatie verkrijgen m.b.t. uitgevoerde risicoanalyses (te gebruiken voor casuïstiek)

### ***Gespreksstructuur***

Basis vormt de lijst met arborisico's in de bouwfase in relatie tot arbeidsprocessen/handelingen (output uit fase A).

### ***Algemeen***

- Welke risico's kent men tav arbeidsveiligheid en arbeidsgezondheid (welzijn) (actief; gesprekspartner zelf risico's laten benoemen)
- Zijn de reeds geïdentificeerde risico's erkend bij ondergrondse bouwprojecten? (Passief, gebruik maken van lijst)
- Welke niet reeds genoemde arborisico's zijn er nog meer aanwezig bij ondergrondse bouwprojecten?

### ***Per arborisico***

- Bij welk type activiteiten komt dit arborisico voor?
- Voor wie is het een risico? Waar is deze informatie op gebaseerd?
- Hoe groot is de kans dat dit arborisico optreedt?
- Is dit risico in ondergrondse projecten anders dan boven de grond? Hoe komt dat?
- Waar baseert u deze schatting op? Is er een risicoanalyse uitgevoerd?
- Heeft dit risico relaties met het ontstaan van calamiteiten? Zo ja, welke?
- Wat zijn gevolgen van het optreden van dit risico (te noemen: doden, gewonden, invaliden, incidenten, ziek direct, ziek op termijn, chronisch ziek, psychische klachten, arboklachten, schade, verlies van welzijn etc.). Waar is deze uitspraak op gebaseerd?

- Is er in vigerende wetgeving aan dit risico aandacht besteedt ?
- Weet u van wetgeving in het buitenland op dit onderwerp?
- Bestaat er ook overbodige wetgeving?
- Wat is de ervaring van betrokkenen tijdens de bouw van ondergrondse werken? Hoe worden arbeidsomstandigheden beleefd?
- Welke maatregelen worden/zijn genomen om dit risico te verkleinen of voorkomen?

***Per maatregel***

- Is dit een gebruikelijke maatregel? Bestaat er draagvlak bij uitvoerders voor deze maatregel?
- Is deze maatregel verplicht volgens de in Nederland geldende wetgeving?
- Welk karakter heeft deze maatregel (van correctief tot preventief/proactief)?
- Is deze maatregel gericht op technische, organisatorische of mensgerichte factoren?
- Wat is het beoogde effect van de maatregel?
- Wat is de effectiviteit van de maatregel? Hoe weet u dat?
- Waar baseert u de waardering van de effectiviteit op?
- Is dit een (wetenschappelijk) aantoonbare effectiviteit, of een gevoelskwestie?



### **II.4.3 Interviewprotocol gebruiksfase (protocol B)**

#### *Aanvullend doel*

- hoe worden de arbeidsomstandigheden ondergronds ervaren
- zijn er incidenten opgetreden
- toets van gevonden informatie uit literatuur en interviews en aanvullen
- tabel risico's in gebruiksfase aanvullen met gevolgen, maatregelen en wetgeving

#### *Gespreksstructuur*

Basis vormt de lijst met risico's in de gebruiksfase in relatie tot gebruiksfunctie ruimte en functiegroepen werknemers (output uit fase A).

#### *Algemeen*

- Welke risico's kent men tav arbeidsveiligheid en arbeidsgezondheid (welzijn) (actief; gesprekspartner zelf risico's laten benoemen)
- Zijn de reeds geïdentificeerde risico's erkend bij ondergrondse bouwprojecten? (Passief, gebruik maken van lijst)
- Welke niet reeds genoemde arborisico's zijn er nog meer aanwezig bij uitoefening van functies in ondergrondse gebouwen?
- Welke calamiteiten zijn er opgetreden?

#### *Per risico*

- Bij welke gebruiksfuncties en voor welke functiegroepen van werknemers komt dit risico voor?
- Hoe groot is de kans dat dit arborisico optreedt? Waar baseert u deze informatie op?
- Is dit risico in ondergrondse bouwwerken groter of kleiner dan boven de grond? Hoe komt dat?
- Waar baseert u deze schatting op? Is er een risicoanalyse uitgevoerd? Heeft dit risico relaties met het optreden van calamiteiten? Zo ja, welke?

- Wat zijn gevolgen van het optreden van dit risico (te noemen: doden, gewonden, invaliden, incidenten, ziek direct, ziek op termijn, chronisch ziek, psychische klachten, arboklachten, schade, verlies van welzijn etc.). Waar is deze uitspraak op gebaseerd? Zijn er bepaalde omstandigheden die risico's in ondergrondse gebouwen kunnen beïnvloeden? Welke oorzaken liggen daaraan ten grondslag?
- Is er in vigerende wetgeving aan dit risico aandacht besteedt?
- Bestaat er ook overbodige wetgeving?
- Weet u van wetgeving in het buitenland op dit onderwerp?
- Wat is de ervaring van betrokkenen tijdens de bouw van ondergrondse werken? Hoe worden arbeidsomstandigheden beleefd?
- Welke maatregelen worden momenteel genomen om deze risico's te verkleinen of voorkomen?

***Per maatregel***

- Is deze maatregel verplicht volgens de in Nederland geldende wetgeving? Zo ja – welk voorschrift (en eventueel artikelnummer) is de basis voor deze maatregel?
- Welk karakter heeft deze maatregel (van correctief tot preventief/proactief)
- Is deze maatregel gericht op technische, organisatorische of mensgerichte factoren?
- Wat is het beoogde effect van de maatregel?
- Wat is de effectiviteit van de maatregel?
- Waar baseert u de waardering van de effectiviteit op?
- Is dit een (wetenschappelijk) aantoonbare effectiviteit, of een gevoelskwestie?

## **Bijlage III: Gebruik ondergrond**

### ***III.1 Ontwikkelingen gebruik van de ondergrond***

In betrekkelijk korte tijd is ondergronds bouwen in Nederland volop in de belangstelling komen te staan, zie *Handboek ondergronds bouwen*<sup>16</sup>. Dit blijkt niet alleen uit een verhoogde activiteit in het veld van wetenschap en techniek. Ook in vele andere maatschappelijke sectoren bestaat die belangstelling. De implicaties van het ondergronds bouwen op de wijze van leven in en beleven van onze fysieke omgeving zou wel eens van een verstrekkende en ingrijpende betekenis kunnen zijn. Hier spelen immers grote maatschappelijke belangen mee die verband houden met bereikbaarheid, milieu, stedelijke vitaliteit en ruimtelijke kwaliteit. Dit maakt het ondergronds bouwen tot een multidisciplinaire en aansprekende aangelegenheid.

In *Hidden aspects of urban planning*<sup>17</sup> wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de voordelen en risico's van ondergronds grondgebruik in stedelijke gebieden.

Voordelen van ondergronds bouwen zijn:

- landgebruik (efficiënt)
- esthetische waarde (geen “lelijke” gebouwen in het zicht)
- duurzame ontwikkeling (efficiënt materiaal gebruik en kosten besparing)
- energie behoud (gebruik van het natuurlijke isolerend vermogen van de grond)
- bescherming van mensen tegen extreme weersomstandigheden en
- veiligheid (bankkluizen en schuilkelders)

Enkele voorbeelden van, reeds in gebruik zijnde, ondergrondse bouwprojecten onderschrijven deze voordelen en tevens blijkt hieruit dat ondergrondse

---

<sup>16</sup> Arends, G. Handboek ondergronds bouwen, Deel 1 – ondergronds bouwen in breed perspectief, Centrum voor Ondergronds Bouwen, 1997

bouwwerken zich goed lenen voor diverse functies (museum, infrastructuur, fabrieken, opslag, water retentie, energie opslag, etc).

Een probleem bij het plannen van gebouwen in de ondergrond in stedelijke gebieden zijn de reeds in dezelfde ondergrond aanwezige voorzieningen zoals electriciteits- en waterleidingen, funderingen en tunnels. Daarom is een goede planning en controle bij bouwen in de ondergrond noodzakelijk. Dit kan bewerkstelligd worden door bijvoorbeeld voorzieningen (de leidingen) in tunnels te clusteren. Daarnaast kan een geotechnische database, welke over informatie beschikt over de grond- en watercondities en plaats van genoemde voorzieningen, de mogelijkheden voor gebruik van de ondergrond inzichtelijk maken.

### **III.2 Ondergronds bouwen in Nederland**

Europa wordt kleiner, Nederland voller. En dat geeft steeds meer problemen. Een groot deel van ons land (zeker de Randstad) heeft te maken met een beperkte hoeveelheid grond. De infrastructuur komt onder druk te staan, het leefklimaat moet gewaarborgd blijven, evenals de belangrijke functie van Nederland als distributieland. Steeds vaker en luider wordt de vraag gesteld op wat voor manier ondergronds bouwen oplossing kan aandragen. Tot begin negentiger jaren werd het denken over ondergronds bouwen in Nederland gekenmerkt door een hoog science fiction-gehalte. Hoewel het ondergronds bouwen voor die tijd natuurlijk niet nieuw was, vormden die activiteiten eerder incidenten dan enige uit een reeks, en hadden met name betrekking op infrastructuur (tunnelbouw). De enige versnelling in de totstandkoming van ondergrondse ruimtes (merendeels (parkeer)kelders) was in de tachtiger jaren waarneembaar, met name in relatie tot het toenemende aantal toepassingen van de open ontgraving methoden (zie *Nota Bouwputten*<sup>18</sup>).

---

<sup>17</sup>Chow, F.C., Paul, T., Vahaaho I.T., Sellberg B., Lemos, L.J.L. Hidden aspects of Urban Planning: Utilisation of Underground Space, Proc. 2nd Int. Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering, 2002

<sup>18</sup> COB, Nota Bouwputten; Centrum voor Ondergronds Bouwen Dienst Bouwen en Wonen, 1992

De grote ommekeer kwam in 1991 nadat overheid en bedrijfsleven tijdens hun bezoek aan Japan onder de indruk raakten van wat daar allemaal ondergronds was verwezenlijkt: behalve de in Nederland ook gemeengoed geworden tunnels en parkeergarages, leiden in Japan ook winkelcentra, bioscopen en theaters een florerend ondergronds bestaan. Japan is negen keer zo groot als Nederland en heeft met zijn ruim 120 miljoen inwoners een iets lagere bevolkingsdichtheid dan Nederland. Echter is 80% van het oppervlak in Japan niet geschikt voor bewoning. In Nederland is dat slechts 18%. Japan kampt daardoor met een groot ruimtegebrek en moest er wel naar alternatieven worden gezocht. Mede door de Japanse ervaring ging men in Nederland anders denken over ondergronds bouwen. Ook al omdat de Japanners bewezen dat één van de bezwaren die in Nederland altijd werd aangevoerd tegen het bouwen onder de grond, onze bodemgesteldheid, niet langer opging. In een groot deel van Japan wordt op grote schaal ondergronds gebouwd in een bodem die goed vergelijkbaar is met de Nederlandse omstandigheden (zien *Ondergronds bouwen: een nieuwe wereld onder het maaiveld*<sup>19</sup>).

Het huidige reguliere gebruik van de ondergrond in Nederland kent een aantal min of meer traditionele toepassingen, die al langere tijd vrij algemeen en gebruikelijk zijn. Het gaat daarbij om:

- winning van delfstoffen, winning en opslag van aardwarmte en gasopslag in diep geologische formaties,
- het gebruik van de bovenste grondlagen voor het bergen van kabels, buizen, leidingen, rioleringen, industriële pijpleidingen enz.,
- het gebruik van de ondergrond voor funderingsdoeleinden, voor de berging van grondwater, voor de groei van gewassen enz.,
- het gebruik van de ondergrond voor militaire doeleinden,
- incidenteel gebruik van verlaten mijnschachten als oefen- en testlocatie voor duikapparatuur en het toerisme in natuurlijke druipsteengrotten,

---

<sup>19</sup> ENCI, *Ondergronds bouwen: een nieuwe wereld onder het maaiveld*; Vereniging Nederlandse Cementindustrie, Stichting Beton Prisma, Den Bosch, 1993

- tunnelwerken en kelderconstructies, aantrekkelijk vanwege specifieke voordelen en de acceptabele kosten: metrolijnen, auto- en treintunnels, parkeergarages, opslagruimten en souterrains.

Ook in de toekomst zullen deze traditionele toepassingen van belang blijven. Er zijn echter belangrijke ontwikkelingen gaande en nog te verwachten waardoor de veelzijdigheid en de schaal van het gebruik van de ondergrond in Nederland zal verder toenemen.

### **III.3 Toekomstige ontwikkelingen in Nederland**

Een belangrijke aspect dat de ontwikkeling van ondergrondse bouwen in de toekomst zal bepalen, is het milieubeleid. Het ondergronds aanbrengen van (leef)milieu belastende functies kan een reële bijdrage leveren aan verhoging van de kwaliteit van het leefmilieu in de stedelijke omgeving. Daarbij is het ook financieel aantrekkelijk om aan die steeds duurder wordende grond meer dan één bestemming te geven<sup>20</sup>.

Er zijn enige studies uitgevoerd waarbij samenhang tussen ruimtelijkheid, economische ontwikkeling en milieuzorg enerzijds en de mogelijkheden van het ondergronds bouwen anderzijds werden onderzocht. De meest omvangrijke zijn daarbij *Strategische studie ondergronds bouwen*<sup>21</sup> en *Gaan gemeenten ondergronds? Inventarisatie ondergronds bouwen*<sup>22</sup>.

*Gaan gemeenten ondergronds? Inventarisatie ondergronds bouwen* is gebaseerd op gegevens uit totaal 116 gemeentes met meer dan 30.000 inwoners. De mogelijkheden om de ondergrond te benutten bij de oplossing van inrichtingsvraagstukken worden ingeschat op basis van (voorgenomen) activiteiten van de gemeentes. Uit deze inventarisatie wordt geconcludeerd dat er sinds begin

---

<sup>20</sup> Dunnen, R. den, Openingspeech secretaris-generaal VROM, 5<sup>de</sup> Internationale Conferentie over Ondergronds Bouwen, 1992

<sup>21</sup> Krogt, R.A.A van der (red.), *Strategische studie ondergronds bouwen*, Delft/Gouda, 1997

<sup>22</sup> COB, *Gaan gemeenten ondergronds? Inventarisatie ondergronds bouwen*, Werkrapport CUR/COB N700-01, Gouda, 1997

negentiger jaren een duidelijke opgaande trend is waar te nemen in de belangstelling en planvorming van de gemeentes. Met name de gemeentes Alphen a/d Rijn, Amsterdam, Den Haag, 's-Hertogenbosch, Roosendaal en Nispen tonen belangstelling voor ondergronds bouwen. Uit deze studies blijkt dat er een aantal primaire functies bestaan die ondergronds kunnen worden uitgeoefend. Dit zijn de functies **werken en vrijetijdsbesteding, transport en opslag**. De verdeling van gebruik van de ondergrond over deze drie categorieën is respectievelijk 20% werken, 10% vrijetijdsbesteding, 40% transport en 25% opslag. Het enige functietype dat duidelijk niet in aanmerking lijkt te komen om ondergronds te brengen is wonen (5%). Met name in stedelijke gebieden zal ondergronds bouwen zich naar verwachting ontwikkelen tot een belangrijk middel voor het oplossen van lokale infrastructurele problemen.

De *Strategische studie ondergronds bouwen*, beschouwd voornamelijk de onderlinge afhankelijkheid tussen economische groei en de kwalitatieve en kwantitatieve ontwikkeling van ondergronds bouwen. Uit deze analyse blijkt dat de (verwachte) vraag naar het gebruik van de ondergrondse ruimte sterk kan verschillen: van stagnatie tot onbelemmerd groei. Naar verwachting zal het gebruik van de ondergrond uiteraard groter zijn bij sterke economische groei. Typisch is verder dat die vraag per functietype sterk kan variëren. Op basis van de karakteristieken van de afzonderlijke functietypen wordt in de bovengenoemde studie geconcludeerd dat goederenvervoer, transport zonder voertuigen en opslag van olie, gas, water, afval en gevaarlijke stoffen a-priori het meest geschikt lijken te zijn om ondergronds te brengen. Daarbij is de locatie voor de ondergrondse activiteiten van sterke invloed. Met name in de stedenbouwkundig planning biedt ondergronds bouwen perspectieven en ondergrond in de steden zal meer benut worden dan in landelijke gebieden. Door een verdichting van de bebouwingsgraad van stedelijke gebieden kan het idee van de 'compacte stad' vorm krijgen. In landelijke gebieden kan het meervoudig grondgebruik als reële optie worden

meegenomen onder andere door een goede afstemming van de bouw van infrastructurele knooppunten op de aanleg van bedrijfsterreinen.



## **Bijlage IV: Verantwoording keuze bouwmethodes**

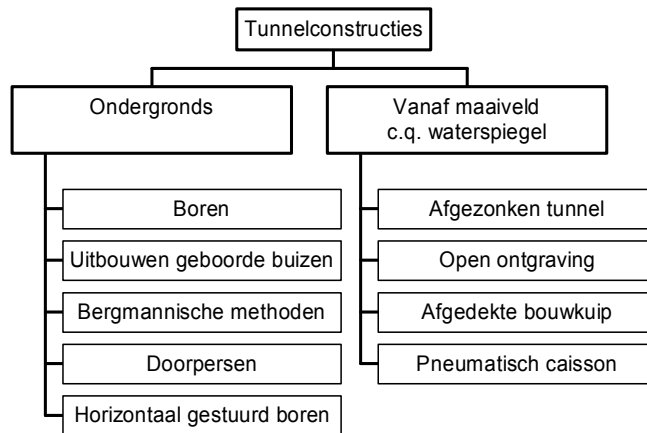
### **IV.1 Gebruik ruwbouwmethodes in Nederland**

Diverse technieken kunnen worden toegepast voor het creëren van ondergrondse bouwwerken. Niet iedere techniek is echter overal toe te passen. Bepalend daarbij zijn in de eerste plaats de geologische en geotechnische omstandigheden: de aard van de ondergrond is in het algemeen zodanig dat de zijwanden van een ontgraving zonder hulpmiddelen niet stabiel zijn. In deze studie wordt alleen ingegaan op die methoden waarmee gebouwd kan worden in de bovenlagen van de Nederlandse bodem. Conform *Handboek ondergronds bouwen*<sup>23</sup> wordt bij de bovenlagen van de bodem gedacht aan diepten onder het maaiveld of de waterspiegel tot zo'n 60 meter. In de Nederlandse bodem is er veelal sprake van slappe grondlagen. In het westen van Nederland komen bovendien hoge grondwaterstanden voor. In het oosten en het zuiden van Nederland komen stevigere grondsoorten en zelfs gesteente aan de oppervlakte. Op basis van het *Handboek ondergronds bouwen* is een globaal overzicht gegeven van de op dit moment bij ondergronds bouwen in Nederland toegepaste methodes voor ruwbouw naar constructietype. In hoofdlijnen zijn, bij het bouwen in de ondergrond, twee constructietypen te onderscheiden:

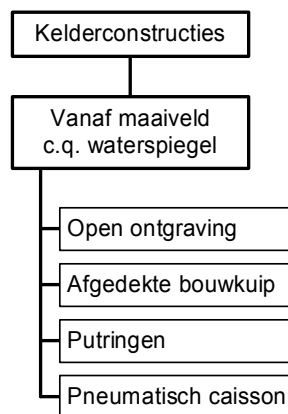
- **tunnelconstructies**: ondergrondse civieltechnische bouwwerken over een lijnvormig, langgerekt tracé,
- **kelderconstructies**: ondergrondse civieltechnische bouwwerken op een bepaalde locatie met een beperkte fysieke reikwijdte.

---

<sup>23</sup> Arends, G. Handboek ondergronds bouwen, Deel 1 – ondergronds bouwen in breed perspectief; Centrum voor Ondergronds Bouwen, 1997



**Figuur IV.1**      **Overzicht ruwbouwmethodes voor tunnelconstructies.**



**Figuur IV.2**      **Overzicht ruwbouwmethodes voor kelderconstructies.**

Naast de hiervoor genoemde methodes bestaan er een aantal technieken die in Nederland als minder conventioneel beschouwd worden, enerzijds omdat het toepassingsgebied (op dit moment) beperkt is, anderzijds omdat de techniek nieuw of nog in ontwikkeling is (V polder, U polder, “geo domes” enz.). In het algemeen zijn deze innovatieve technieken vaak een combinatie van “traditionele” technieken. Daarom zijn de arbeidsomstandigheden bij de

innovatieve methodes weinig anders dan bij de reeds genoemde “traditionele” methodes met als gevolg dezelfde arborisico’s. Hierbij dient opgemerkt te worden dat een uitzondering moet worden gemaakt voor de risico’s die kunnen optreden bij het gebruik van nieuwe machines. Deze studie beperkt zich tot de analyse van de ondergrondse constructies en van dat deel van de in-de-grondse constructies wat zich onder het maaiveld bevindt en geheel is bedekt met grond of met een bovenliggende constructie (zie hoofdstuk 2.1), uitgevoerd met hier genoemde “traditionele” methodes (zie Figuur IV.1 en Figuur IV.2). Dit houdt in dat - conform de definitie van ondergrondse constructies - arbeidsprocessen worden beschouwd indien zij plaatsvinden in ruimtes bedekt met grond of met een bovenliggende constructie.

Op grond van analyses van reeds gebouwde ondergrondse constructies is nagegaan welke ruwbouwtechnieken op dit moment in Nederland het meest zijn toegepast en welke ruwbouwtechnieken naar verwachting in de toekomst veel zullen worden toegepast. Typische geologische en geotechnische omstandigheden in Nederland (grotendeels slappe grondlagen en hoge grondwaterstand in het westen) hadden tot gevolg dat de ondergrondse constructies tot op heden grotendeels in open bouwputten gebouwd werden om vervolgens met een laag grond of bovenliggende constructie te worden afgedekt. Waar stevigere grondsoorten aanwezig zijn (het oosten en het zuiden van Nederland) werd daarnaast op traditionele wijze met min of meer eenvoudige middelen gebouwd (bergmanische methoden). Bij waterkruisingen, maar ook op het land, werd de afzinkmethode met in bouwdokken geprefabriceerde tunnelementen veel gebruikt. Vanaf de negentiger jaren is een duidelijke versnelling in de totstandkoming van ondergrondse ruimtes waarneembaar, waarbij bouwactiviteiten steeds vaker geheel onder de grond gebeuren, doorgaans zonder de oppervlakte aan te tasten.

#### **IV.2 Keuze ruwbouwmethodes**

Om de arborisico’s van de in Nederland toegepaste ruwbouwmethodes voor ondergrondse bouwwerken systematisch te kunnen analyseren worden drie

representatieve ruwbouwmethodes uitvoerig geanalyseerd. Op basis van de analyse van deze ruwbouwmethodes wordt een inschatting gemaakt van de arborisico's van de overige in Nederland toegepaste ruwbouwmethodes. Verwacht wordt dat aan de hand van deze analyse ook van toekomstige ruwbouwmethodes de arborisico's kunnen worden ingeschat (mogelijk met uitzondering van de risico's van het toepassen van innovatieve machines) omdat specifieke ondergrondse arbeidsomstandigheden daarmee voldoende in kaart zijn gebracht.

Uit de analyse van documentatie betreffende de tunnelconstructies (zie tabel IV.1 Overzicht tunnels in Nederland) blijkt dat tunnelconstructies voornamelijk geconstrueerd worden met de ruwbouwmethoden boren en afzinken. Beide methoden samen zijn na schatting goed voor ruim 75% van de gerealiseerde tunneltracés, waarbij ongeveer twee keer zo veel wordt geboord als afgezonken. Uit *Inventarisatie van nieuwe tunnel- en sleuftechnieken*<sup>24</sup> blijkt dat met name in een dicht bebouwde stedelijke gebieden de aanleg van tunnels met toepassing van de boortechniek meest gunstig is. In tegenstelling tot afzinken is het ruimtebeslag bij boren van tunnels in het algemeen relatief klein, waardoor de methode goed geschikt is voor toepassing in gebieden met bestaande bebouwing. Bovendien is het typische van de boortechniek dat er sprake is van weinig tot geen nadelige beïnvloeding van het milieu en de omgeving. Dit voordeel versterkt de verwachting dat deze techniek in de toekomst steeds meer zal worden toegepast.. Daarom is er voor gekozen een uitvoerige procesanalyse uit te voeren voor de *ruwbouwmethode boren*. Daarnaast zal een expliciete hulptechniek voor het uitbouwen van geboorde buizen worden beschouwd in combinatie met een hulptechniek voor grondverbetering om een stabiele ontgraving te verkrijgen: *bergmannische ruwbouwmethode (ontgraving) in combinatie met bevriezing van de bodem*. Het is te verwachten dat deze methode in te toekomst tevens veel zal worden ingezet bij het uitbouwen vanuit reeds gebouwde kelder constructies, met name daar waar een

---

<sup>24</sup>Inventarisatie nieuwe tunnel- en sleuftechnieken, Werkrapport M 210-01, CUR/COB Gouda, 1996

open bouwkuip niet mogelijk of niet wenselijk is door de hinder op het straatniveau.

Gezien de beperkte mogelijkheden tot het kwantitatief beschouwen van het volume aan kelderconstructies voor de typische bouwmethodes is de keuze van de uitvoerig te beschouwen bouwmethode in dit geval met name bepaald door analyse van de bouwhinder op het maaiveldniveau. Keuze op basis van beperkte hinder op het straatniveau is zeer relevant, gezien in de toekomst ondergrondse bouwwerken met name in de drukke stedelijke gebieden zijn te verwachten. Daarbij zullen ongetwijfeld aspecten zoals beperkte duur van de hinder op het maaiveldniveau een grote rol spelen. Er werd hoofdzakelijk gekeken naar situaties waarbij de definitieve constructie ter plaatse wordt gemaakt, zoals in het merendeel van de toepassingen het geval is. Behalve bouwen in een open bouwkuip dat in het kader van dit rapport expliciet niet wordt meegenomen, is in principe een tweetal methoden goed geschikt voor diverse soorten projecten: afgedekte bouwkuip (wandendakmethode) en pneumatisch caisson methode. Met name de afgedekte bouwkuip (wandendakmethode) kent een groot aantal toepassingen, te noemen Souterrain Grote Marktstraat in Den Haag of stations Noord-Zuidlijn in Amsterdam. In het algemeen kan worden gesteld dat, in tegenstelling tot de pneumatisch caisson methode, het bouwen in een afgedekte bouwkuip gekenmerkt wordt door een zeer beperkte duur van de hinder op het maaiveldniveau. Overigens is deze methode bij uitstek geschikt voor het construeren van tunnels. Daarom is er voor gekozen een procesanalyse uit te voeren voor de *ruwbouwmethode afgedekte bouwkuip met verhoogde luchtdruk*. Hierbij dient vermeld te worden dat bij een afgedekte bouwkuip tevens met een verhoogde druk gewerkt kan worden, waardoor de arbeidsomstandigheden in aantal opzichten vergelijkbaar zijn met de omstandigheden bij het toepassen van de pneumatisch caisson methode.

**Tabel IV.1      Overzicht tunnels in Nederland**

Naam tunnel	Status	Type tunnel	Ruwbouwmethode	Lengte [km]	Bouwjaar
2° Heinenoordtunnel	in gebruik	verkeerstunnel	boren	1.32	1998
Westerscheldetunnel	in gebruik	verkeerstunnel		6.60	2003
Botlekspoorntunnel	in gebruik	spoortunnel		1.85	2002
Groeneharttunnel (HSL)	in aanleg	spoortunnel		7.60	2005
Sophiatspoortunnel	in aanleg	spoortunnel		4.00	2005
Hubertustunnel Den Haag	in aanleg	verkeerstunnel			
Noord-Zuidlijn A'dam	in aanleg	spoortunnel		4.00	
Pannerdenschkanaal-tunnel	in aanleg	spoortunnel		1.85	2005
A2 Traverse (Maastricht)	gepland	verkeerstunnel			
Delft spoorzone	gepland	spoortunnel			2008
Randstad Light-Rail	gepland	spoortunnel		6.50	
<b>TOTAAL</b>				<b>boren</b>	<b>&gt; 18.52</b>
Aquaduct Gouwe	in gebruik	verkeerstunnel	afzinken	0.07	1970
Aquaduct Grouw	in gebruik	verkeerstunnel			
Botlektunnel	in gebruik	verkeerstunnel		0.54	1980
Drechtunnel	in gebruik	verkeerstunnel		0.45	1977
Heinenoordtunnel	in gebruik	verkeerstunnel		0.61	1969
Hemspoortunnel	in gebruik	verkeerstunnel			
Hollandsche Diep Service	in gebruik	verkeerstunnel			
IJ-tunnel	in gebruik	verkeerstunnel		1.50	1968
Kiltunnel	in gebruik	verkeerstunnel		0.41	1978
Maastunnel	in gebruik	verkeerstunnel		1.07	1942
Noord-Zuid Metrolijn Rotterdam	in gebruik	spoortunnel			
Noordtunnel	in gebruik	verkeerstunnel		0.53	1992
Oude Maas Service	in gebruik	spoortunnel			
Piet Heintunnel	in gebruik	spoortunnel		1.27	1998
Pr. Margrietunnel	in gebruik	spoortunnel		0.08	1978
Rotterdam Metro Calandlijn	in gebruik	spoortunnel			1982

Naam tunnel	Status	Type tunnel	Ruwbouwmethode	Lengte [km]	Bouwjaar
Rotterdam Metro Erasmuslijn	in gebruik	spoortunnel	afzinken		1968
Schipholspoortunnel-verbreding	in gebruik	spoortunnel		6.00	
Wijkertunnel	in gebruik	verkeerstunnel		1.39	1996
Zeeburgertunnel	in gebruik	verkeerstunnel		0.53	1992
2e Beneluxtunnel	in aanleg	verkeerstunnel			2002
Calandtunnel	in aanleg	verkeerstunnel			2003
HSL-Zuid Kil	gepland	spoortunnel		1.20	2005
HSL-Zuid Oudemaas	gepland	spoortunnel		1.50	2005
Noord-Zuidlijn A'dam	gepland	spoortunnel		2.00	
<b>TOTAAL</b>				<b>afzinken</b>	<b>&gt; 16.15</b>
Koningstunnel	in gebruik	spoortunnel	bouwput	0.68	2000
Zevenaartunnel	in aanleg	spoortunnel		2.30	2006
Giessentunnel	gepland	spoortunnel		0.50	
A4 Schipholtunnel	in gebruik	verkeerstunnel		1.20	1966
Beneluxtunnel	in gebruik	verkeerstunnel		0.90	2002
Coentunnel	in gebruik	spoortunnel		0.59	1966
Schiphol	in gebruik	verkeerstunnel		0.54	1966
Velsertunnel	in gebruik	verkeerstunnel		0.77	1957
Vlaketunnel	in gebruik	verkeerstunnel			1975
Willemspoortunnel	in gebruik	verkeerstunnel			
<b>TOTAAL</b>				<b>open ontgraving</b>	<b>&gt; 7.48</b>
Drechtunnel uiteinden	in gebruik	verkeerstunnel	afgedekte bouwkuip	0.10	1977
Rijswijkspoortunnel	in gebruik	spoortunnel			
Schipholspoortunnel	in gebruik	spoortunnel		6.00	2002
Den Haag Tramtunnel	in aanleg	spoortunnel			
Sijtwende (2 tunnels)	in aanleg	verkeerstunnel			2002
<b>TOTAAL</b>			<b>afgedekte bouwkuip</b>	<b>&gt; 6.10</b>	





## **Bijlage V: Diverse checklists**

### **V.1 Arbo Informatie blad 1, aandachtspunten bij de RI&E**

#### **1 Arbozorg en verzuimbeleid**

##### 1.1 arbobeleidsvoering

- doelstellingen werkgever
- samenhang met het algemene ondernemingsbeleid

##### 1.2 verzuimbeleid

- begeleiding zieke werknemers

##### 1.3 taken, verantwoordelijkheden en

##### bevoegdheden

- taken directie, leidinggevenden, werknemers
- verstrekte middelen (tijd, geld en hulpmiddelen)

##### 1.4 samenwerking en overleg

- ondernemingsraad/medezeggenschapsorgaan/
- werkoverleg
- overleg Arbo-diensten/deskundigen

##### 1.5 inzet van deskundigen

- Arbo-dienst, deskundigen

##### 1.6 plan van aanpak en voortgangsverslag

##### 1.7 voorlichting en onderricht

##### 1.8 toezicht door leidinggevenden

##### 1.9 gedrag van werknemers

- werken volgens voorschriften en procedures
- gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen
- risico's gebruik van medicijnen, alcohol
- en/of drugs voor het uitoefenen van de
- functie

#### **2 Algemene voorzieningen**

2.1 algemene inrichting gebouwen, werkplekken, terreinen (hygiëne, inrichtingseisen, eisen voor ontspanningsruimten, voorzieningen in noodsituaties, onderhoud et cetera)

2.2 bedrijfshulpverlening (organisatie, opleiding, oefening, bedrijfsnoodplan)

#### **3 Fysische factoren**

3.1 schadelijk en hinderlijk geluid en trillingen

3.2 verlichting, daglicht, uitzicht

3.3 klimaat (warmte en koude, extra belastende factoren als grote temperatuurverschillen en fysiek zware arbeid)

3.4 straling (ioniserend en niet-ioniserend)

3.5 werken onder overdruk

#### **4 Gevaarlijke stoffen en biologische**

##### **agentia**

4.1 inventarisatie en evaluatie van de blootstelling aan hinderlijke of gevaarlijke stoffen

4.2 opslag/verpakking/etikettering

4.3 voorkomen van ongewilde gebeurtenissen

4.4 gevaar voor verstikking, bedwelming, vergiftiging, brand of explosie

4.5 voorschriften voor het werken met kankerverwekkende stoffen

4.6 voorschriften voor het omgaan met vinylchloridemonomeer, benzeen, asbest en een aantal specifiek giftige stoffen

4.7 voorschriften voor het omgaan met biologische agentia

## 5 Fysieke belasting

5.1 fysieke belasting (tillen, duwen, trekken van zware lasten en/of in ongunstige posities, langdurig een houding, kortcyclisch werk)

5.2 beeldschermwerk

## 6 Werkplekinrichting

6.1 staan en zitten

6.2 werkhoogte

6.3 bewegingsruimte

## 7 Arbeidsmiddelen

7.1 arbeidsmiddelen met en zonder CE-keurmerk (inventarisatie, informatie verzamelen, risicobeoordeling, maatregelen waar nodig)

### V.2 Checklist identificatie van gevaren van machines EN 1050

Nr.	Gevaren
<b>1</b>	<b>Mechanische gevaren door:</b> - machinedelen of werkstukken, bijvoorbeeld: a) Vorm; b) Relatieve ligging; c) Massa en stabiliteit (potentiële energie van elementen die onder invloed van de zwaartekracht in beweging kunnen raken); d) Massa en snelheid (kinetische energie van elementen in gecontroleerde of ongecontroleerde beweging); e) Onvoldoende mechanische sterkte; - accumulatie van energie binnen in de machine, bijvoorbeeld: f) Elastische elementen (veren); g) vloeistoffen en gassen onder druk h) het effect van vacuüm
1.1	Gevaar voor bekneld raken
1.2	Gevaar voor afknippen
1.3	Gevaar voor snijden of afsnijden
1.4	Gevaar voor vastraken of opwickelen
1.5	Gevaar voor naar binnentrekken of opgesloten raken
1.6	Stootgevaar
1.7	Gevaar voor steken of doorsteken
1.8	Gevaar voor wrijven of schaven
1.9	Gevaar door binnendringen of uitstoot van vloeistoffen onder hoge druk
<b>2</b>	<b>Elektrische gevaren door:</b>
2.1	Direct contact van personen met onder spanning staande delen
2.2	Contact van personen met delen die door een defect onder spanning zijn komen te staan
2.3	Nadering van onder hoogspanning staande delen

Nr.	<b>Gevaren</b>
2.4	Elektrostatische verschijnselen
2.5	Thermische straling of andere verschijnselen zoals door uitstoot van gesmolten deeltjes of chemische effecten bij kortsluitingen, overbelastingen, enz.
<b>3</b>	<b>Thermische gevaren, resulterend in:</b>
3.1	Brandwonden en brandblaren door contact van personen met objecten of materialen met een zeer hoge of lage temperatuur, door vlammen of explosies en ook door straling van warmtebronnen
3.2	Schadelijke gevolgen voor de gezondheid door een koude of warme werkomgeving
<b>4</b>	<b>Gevaren door lawaai, resulterend in:</b>
4.1	Gehoorverlies (doofheid), andere fysiologische gebreken bijvoorbeeld evenwichtsverlies, aandachtsverlies
4.2	Verstoring van de gesproken communicatie, van akoestische signalen, enz.
<b>5</b>	<b>Gevaren door trillingen</b>
5.1	Gebruik van handgereedschap, leidend tot een verscheidenheid aan zenuw- en vaatziekten
5.2	Trillingen van het gehele lichaam, in het bijzonder in combinatie met een slechte houding
<b>6</b>	<b>Gevaren door straling</b>
6.1	Laagfrequente straling, radiostraling, microgolven
6.2	Infrarood, zichtbaar en ultraviolet licht
6.3	Röntgen- en gammastraling
6.4	Alfastraling, bètastraling, elektronen- en ionenbundels, neutronenstraling
6.5	Lasers
<b>7</b>	<b>Gevaren door materialen en stoffen</b> (en hun bestanddelen) die door de machine of delen daarvan worden verwerkt of gebruikt
7.1	Gevaren van contact met of inademing van schadelijke vloeistoffen, gassen, dampen, rook en navels
7.2	Vuur- of explosiegevaar
7.3	Biologische of microbiologische (virale of bacteriële) gevaren
<b>8</b>	<b>Gevaren door verwaarlozing</b> van ergonomische principes bij het machine-ontwerp, zoals bijvoorbeeld gevaren door:
8.1	Ongezonde houdingen of bovenmatige inspanning
8.2	Onvoldoende aandacht van hand-arm- of voet- been- anatomie
8.3	Nalatig gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen
8.4	Onvoldoende plaatselijke verlichting
8.5	Mentale over- of onderbelasting, psychische spanning (stress)
8.6	Menselijke fouten, menselijk gedrag
8.7	Ongeschikte constructie, plaatsing of aanduiding van handmatige bedieningen
8.8	Ongeschikte constructie of plaatsing van visuele weergavepanelen
<b>9</b>	<b>Combinaties van gevaren</b>
<b>10</b>	<b>Onverwacht opstarten, onverwacht doordraaien of te snel draaien (of een vergelijkbaar slecht functioneren) door:</b>
10.1	Uitval/storing van het besturingssysteem
10.2	Herstel van de energietoevoer na een onderbreking
10.3	Invloeden van buitenaf op de eclectische uitrusting
10.4	Andere invloeden van buitenaf (zwaartekracht, wind, enz.)

Nr.	Gevaren
10.5	Fouten in de programmatuur
10.6	Fouten gemaakt door de bediener (zie 8.6 voor onvoldoende aanpassing van de machine aan menselijke eigenschappen en mogelijkheden)
11	De onmogelijkheid om de machine in de best mogelijke omstandigheden stil te zetten
12	Variaties in de rotatiesnelheid van gereedschappen
13	Uitvallen van de energietoevoer
14	Uitvallen van het besturingssysteem
15	Montagefouten
16	Breken tijdens het in bedrijf zijn
17	Vallende of uitgestoten objecten of vloeistoffen
18	Verlies van stabiliteit/omvallen van de machine
19	Uitglippen, struikelen en vallen van personen (in samenhang met de machine)
	<b>Aanvullende gevaren, gevaarlijke situaties en gevaarlijke gebeurtenissen ten gevolge van mobiliteit</b>
20	<b>In samenhang met de voortbeweging van de machine</b>
20.1	Voortbeweging bij het starten van de machine
20.2	Voortbeweging zonder dat de chauffeur op de bestuurdersplaats zit
20.3	Voortbeweging zonder dat alle delen zich in een veilige positie bevinden
20.4	Te grote snelheid van machines die door de bediener te voet worden geleid
20.5	Sterke trillingen bij de voortbeweging
20.6	Onvoldoende mogelijkheden om de machine te vertragen, te stoppen en vast te zetten
21	Verbonden met de werkplek (inclusief bestuurdersplaats) op de machine
21.1	Vallen van personen tijdens de toegang tot (of van) de werkplek
21.2	Uitlaatgassen/zuurstofgebrek op de werkplek
21.3	Brand (brandbaarheid van de cabine, gebrek aan brandblusmiddelen)
21.4	Mechanische gevaren op de werkplek: a) contact met de wielen b) kantelen c) vallen van objecten, doordringen door objecten d) breken van snel roterende delen e) contact van personen met machinedelen of gereedschappen (bij te voet geleide machines)
21.5	Onvoldoende uitzicht vanuit de werkplek
21.6	Ongeschikte verlichting
21.7	Ongeschikte zitplaats
21.8	Lawaai op de werkplek
21.9	Trillingen op de werkplek
21.10	Onvoldoende ontsnappingsmogelijkheden/nooduitgang.
22	<b>Door het besturingssysteem</b>
22.1	Ongeschikte plaatsing van bedieningsorganen,
22.2	Ongeschikte constructie van de bedieningsorganen en hun werkwijze
23	<b>Door het werken aan de machine (gebrek aan stabiliteit)</b>

Nr.	Gevaren
<b>24</b>	<b>Door de energiebron en de energie-overdracht</b>
24.1	Gevaren van de motor en de accu's
24.2	Gevaren van de energie-overdracht tussen machines
24.3	Gevaren van koppelen en slepen
<b>25</b>	<b>Door en voor derden</b>
25.1	Ongeoorloofd starten/gebruiken
25.2	Bewegen van een deel voorbij zijn stoppositie
25.3	Gebrek aan of ongeschiktheid van visuele of akoestische waarschuwingsmiddelen
<b>26</b>	<b>Onvoldoende instructies voor de bestuurder/bediener</b>
	<b>Aanvullende gevaren, gevaarlijke situaties of gevaarlijke gebeurtenissen door heffen en/of hijsen</b>
<b>27</b>	<b>Mechanische gevaren en gevaarlijke gebeurtenissen</b>
27.1	Door vallende lasten, botsingen, kantelen van de machine door:
27.1.1	Gebrek aan stabiliteit
27.1.2	Verkeerde belading; overbelasting; overschrijding van kantelmomenten
27.1.3	Ongecontroleerde amplitude van de beweging
27.1.4	Onverwachte/onbedoelde beweging van de last
27.1.5	Ongeschikte bevestigingsmiddelen/toebehoren
27.1.6	Botsing van meer dan een machine
27.2	Toegang van personen tot de laadvloeren
27.3	Ontsporing
27.4	Onvoldoende mechanische sterkte van delen
27.5	Ongeschikt ontwerp van haken en rollen
27.6	Ongeschikte keuze van kettingen, kabels, hijs- en heftoebehoren en hun inbouw in de machine
27.7	Het zakken van de last met een wrijvingsrem
27.8	Abnormale omstandigheden bij montage, beproeving, gebruik en onderhoud
27.9	Inwerking van de last op personen (stoot door last of contragewicht)
<b>28</b>	<b>Elektrische gevaren- Door blikseminslag</b>
<b>29</b>	<b>Gevaren door de verwaarlozing van ergonomische principes; Onvoldoende uitzicht vanuit de bestuurdersplaats</b>
<b>30</b>	<b>Mechanische gevaren en gevaarlijke gebeurtenissen door:</b>
30.1	Gebrek aan stabiliteit van wandelondersteuning
30.2	Falende aandrijving- of rembediening van hefwerktuigen op rails
30.3	Falen van of afwezigheid van dodemansinrichtingen op machines op rails
<b>31</b>	<b>Beperkte bewegingsvrijheid van personen</b>
<b>32</b>	<b>Brand en explosie</b>
<b>33</b>	<b>Emissie van stof, gassen, enz. verplaatsen</b>
<b>34</b>	<b>Mechanische gevaren en gevaarlijke gebeurtenissen door</b>

Nr.	Gevaren
34.1	Onvoldoende mechanische sterkte; ongeschikte gebruikscoefficienten
34.2	Falen van de lastbesturing
34.3	Falen van de besturing in een personenverplaatsmiddel (functie, prioriteit)
34.4	Te grote snelheid van het personenverplaatsmiddel
34.5	Vallen van personen uit het personenverplaatsmiddel
34.6	Vallen of kantelen van het personenverplaatsmiddel
34.7	Menselijke fouten, menselijk gedrag

### **V.3 Checklist OHSAS 18001 eisen**

De OHSAS 18001 is ontworpen door een combinatie van nationale standaardisatie instellingen, certificerende instellingen en adviesbureaus en is officieel uitgegeven in april 1999. Deze internationale richtlijn is compatibel met de ISO 9001: 2000 en de ISO 14001:1996. Hiermee wordt de integratie tussen deze drie zorgsystemen vergemakkelijkt. Daarnaast is de Britse norm, de BS 8800 geïntegreerd in de OHSAS 18001.

<p>Algemene vereisten</p> <p><b>Arbobeleid</b>  arboplanning  risico-inventarisatie, risico-evaluatie en risicobeheersing  wettelijke en overige eisen  doelstellingen  arboplan</p> <p><b>Implementatie en uitvoering</b>  organisatie, taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden  training, bewustmaking en bekwaamheid  werknemersbetrokkenheid en communicatie  documentatie  documenten- en gegevensbeheer  bewaking arbo kritische handelingen  beheersing van calamiteiten</p> <p><b>Bewaking en correctieve acties</b>  prestatiemeting en monitoring  behandelen van ongevallen, incidenten, afwijkingen en het initiëren van correctieve en preventieve maatregelen  registratie en beheer van registraties  audits</p> <p><b>Management review</b></p>
--

## **Bijlage VI: Bronnen voor arborisico infobladen in hoofdstuk 9**

### **A: Algemeen**

[0] Algemene gangbare wetenschappelijke en veiligheidskundige inzichten en kennis

### **B. Literatuur**

- [1] N510-01 Risicoanalyse bouwfase boortunnels COB
- [2] N 800 Arbeidsomstandigheden Boorproces COB
- [3] Smalspoor onder de Westerschelde, Op de rails, 2002-09
- [4] Besluit van 17 december 2002 tot wijziging van het Arbeidsomstandighedenbesluit (oude Mijnwet) (veiligheid en gezondheid van werknemers in de Mijnbouwsector; werken onder overdruk en enige andere wijzigingen)
- [5] Werken in tunnels in relatie tot VGM, Strukton, 04-99
- [6] N120 Leidraad en studies Ondergrondse bouwwerken, COB
- [7] Infra Uitvoeringsdocument Speerpunt Klimaat1, 11-2002, intern rapport Arbeidsinspectie
- [8] Daglichtbeleving ondergronds, Senter Technologie en Samenleving, Den Haag
- [9] Crisiscommunicatieplan, concept v 1.2 2003, Q-park, Maastricht

### **C. Ondergrondse projecten**

- [20] Integraal Veiligheidsplan Westerscheldetunnel
- [21] V&G-plan ontwerpfase BTC Botlek 970925/80.04 en aanbevelingen V&G management review/evaluatie Boortunnelcombinatie Botlek
- [22] Risico-inventarisatie en evaluatie Boortunnelcombinatie Gelderse Poort
- [23] Projectbezoek (exploratief): Boringen 1400 mm en 2x 900 mm (lengte 260 meter) onder spoorlijn en Utrechtse weg te Vleuten, Strukton, 31-01-2003
- [24] Beoordeling veiligheidsmaatregelen uitvoeringsfase Sophiaspoortunnel, Lloyd's Register Management Services, augustus 2000
- [25] Calamiteitenplan Zwolle Eiland3, concept 27 mei, Q-park, Maastricht

### **D. Interviews**

- [51] heer J.C. Janssen, ADVIBEG te Nieuw Vennep, 6 februari 2003
- [52] heer S.A. van Doorn, Struktongroep te Maarssen, 28 januari 2003

- [53] heer G.N.M. van der Maat, Arbeidsinspectie Regio Noordwest  
Amsterdam, 22 april 2003
- [54] de heer J.M. van der Borgt, FNV Bouw, Woerden, 24 april 2003
- [55] de heren J.J.M. Bongarts, Ir. B.W.L. Nols, e.a. Q-park, Maastricht, 27 mei  
2003
- [56] de heer Zweers, RET, Rotterdam, 20 mei 2003
- [57] de heer H. van den Brink, Achmea-Arbo, 26 mei 2003
- [58] de heer J. Muller, V&D, Delft/Utrecht, 4 juni 2003
- [59] de heren L. van Vliet, P.A. Dekker, Directie Brandweer Ministerie BZK,  
Den Haag, 27 mei 2003
- [60] de heer J.J. Fokke, Raad Nederlandse Detailhandel, Leidschendam, 29  
april 2003
- [61] de heer J.A. Stoop, Kindunos Veiligheidskundig Adviesbureau/TU Delft,  
Delft, 21 mei 2003
- [62] de heer M. Baan Hofman, Holland Rail Consult, Utrecht, 20 mei 2003
- [63] de heren E. Haremaker, R.T.M. Kuiper, KLM Groundservices, Schiphol,  
21 mei 2003
- [64] de heer A.C.P. Frijters, Stichting Arbouw (Klankbordgroep)

#### **E. Wetgeving**

- [BauV] Bauarbeiterschutverordnung
- [AB] Arbobesluit
- [AR] Arboregeling
- [AW] Arbowet
- [Bb] Bouwbesluit
- [BR] Beleidsregels arbeidsomstandighedenwetgeving
- [UC] Safety and Health Regulations for Construction
- [WW] Woningwet