

Tunnel A2 Maastricht: Grundwassermanagement mit DSI-System

Grundlage des Integrationsprojektes A2 Maastricht ist ein ca. 2300 m langer Doppelstock-Tunnel, durch den 80 % des heutigen Straßenverkehrs unterirdisch verlaufen soll. Oberirdisch wird eine begrünte und verkehrsberuhigte Zone entstehen.

Das Projekt

Die heutige A2 geht bei Maastricht in die N2 über und der gesamte Straßenverkehr durchquert dann das Stadtgebiet von Maastricht/NL. Die durch die großen Ampelkreuzungen hervorgerufene Verkehrsverlangsamung führt zu einer Belastung der Anwohner und wirkt sich als Verkehrsflußbarriere zwischen den Stadtteilen aus. Das Integrationsprojekt A2 Maastricht „De Groene Loper“ möchte diese Situation ändern. Grundlage des Projektes ist ein ca. 2300 m langer Doppelstock-Tunnel, durch den 80 % des heutigen Straßenverkehrs unterirdisch verlaufen soll. Oberirdisch wird eine begrünte und verkehrsberuhigte Zone entstehen. Planung und Ausführung des Projektes liegt in den Händen der Baukooperation Avenue2, einer Arbeitsgemeinschaft bestehend aus Ballast Nedam und Strukton (Bild 1).

Vorgesehen ist, den Tunnel in offener Bauweise herzustellen. Die Baugrube selbst wird ca. 16 m tief und bis auf wenige Ausnahmen 30 m breit. Die Wände der Baugrube werden mit in Beton/Bentonit-Schlitzwänden gestellten Spundwän-

Alex Meijer, Niederlassungsleiter Niederlande der Hölscher Wasserbau GmbH, Haren/D

Gunter Borchert, Projektleiter Fachbereich International Hölscher Wasserbau GmbH, Haren/D
www.hoelscher-wasserbau.de

den, die wiederum in 3 Ebenen mit Gurten und Rohren ausgesteift sind, hergestellt. Die Grundwasserabsenkung sowie die Reinfiltration und das gesamte Grundwassermanagement werden durch das Niederländische Tochterunternehmen der Hölscher Wasserbau GmbH, der Reinders-Wessemsius B.V., ausgeführt (Bild 2).



Darstellung des Doppelstocktunnels nach Fertigstellung
Presentation of the double-deck tunnel after completion

Tunnel A2 Maastricht: Groundwater Management with DSI System

The basis for the A2 Maastricht integration project is represented by an approx. 2,300 m long double-deck tunnel through which 80 % of the present road traffic is to flow. A green and traffic-calmed zone is to be created on the surface.

The Project

The present A2 reverts to the N2 at Maastricht with the entire road traffic passing through the urban area of Maastricht/NL. Traffic is considerably hampered by the many intersections with traffic lights causing nuisance to local residents and holding up the flow of traffic between the parts of the city. The integration

project A2 Maastricht "De Groene Loper" is intended to alter this situation. The core of the project is a roughly 2,300 m long double-deck tunnel through which 80 % of today's road traffic will flow underground. A green and traffic-calmed zone is to be created on the surface. The project is being planned and executed by the Avenue2 JV comprising Ballast Nedam and Strukton (Fig. 1).

It is intended to build the tunnel by cut-and-cover. The excavation pit itself will be approx. 16 m deep and with a few exceptions 30 m wide. The pit walls will consist of concrete/bentonite diaphragm walls, braced by ties and propping at 3 levels. Groundwater lowering as well as reinfiltration and the entire groundwater management are undertaken by the Dutch subsidiary of the Hölscher Wasserbau GmbH, the Reinders-Wessemsius B.V. (Fig. 2).

Ground Structure/ Geology

The composition of the soil in Maastricht, especially for this project, greatly differs from the composition of the soil elsewhere in the Netherlands. An approx. 8 m thick gravel layer is located beneath the surface lay-



Luftbild auf einen Teil der ausgesteiften Baugrube
Aerial shot of a part of the braced excavation pit

Baugrundaufbau/ Geologie

Die Bodenbeschaffenheit in Maastricht, insbesondere bei diesem Projekt, unterscheidet sich sehr zu den Bodenbeschaffenheiten in den restlichen Niederlanden. Unter der Oberbodenschicht aus Mutterboden, Ton und Lehm von 2 bis 4 m Dicke kommt eine Kiesschicht mit einer Dicke von ca. 8 m. Darunter befindet sich eine klüftige Kalksteinschicht, die nicht durchörtert wird.

Im Rahmen der Planung des Projektes wurden umfangreiche Bodenuntersuchungen ausgeführt. Zahlreiche Bohrungen wurden abgeteuft und der Boden im Labor untersucht. Sondierungen verschiedenster Art, seismische Tests, Probegrabungen, Tracer Tests, Pumpversuche etc. wurden durchgeführt.

Alle Untersuchungen hatten das Ziel, bereits im Planungsstadium eine möglichst hohe Ausführungs- und Planungssicherheit zu gewährleisten.

Die Bodenuntersuchungen haben ergeben, dass eine relativ hohe Unsicherheit bezüglich der Festigkeit des Kalksteins besteht. Die Stabilität der Baugrubenwände wird maßgeblich durch die Festigkeit des Kalksteins bestimmt. Um dennoch eine technisch verantwortungsvolle und ökonomisch realisierbare Planung der Baugrube zu erzielen, wurde beschlossen eine Überwachungsmethode bei diesem Projekt anzuwenden, d.h. die Baugrubenwände durch Messungen verschiedenster Art während der Ausführung zu beobachten und bei Überschreitung von vorher festge-

er bestehend aus topsoil, clay and loam – roughly 2 to 4 m thick. Underneath there is a fissured limestone layer, which will not be penetrated.

Within the scope of planning the project extensive soil investigations were carried out. Numerous boreholes were drilled and the soil analysed in the lab. Various kinds of probes, seismic tests, trial digs, tracer tests, pump trials etc. were undertaken. All these investigations were aimed at attaining the utmost execution and planning safety at the planning stage.

The soil investigations revealed that there is relatively high uncertainty regarding the strength of the limestone. The stability of the excavation pit walls is largely governed by the strength of the limestone. It was decided to apply the observa-

tion method for this project to nonetheless arrive at technically responsible and economically viable planning for the excavation pit. This means that the pit walls are observed during execution by measurements of various kinds so that the bracing of the ground can be improved should previously determined limits be exceeded.

Groundwater Management System

The degree of moisture represented a decisive factor for the strength of the limestone. Dry limestone is substantially stronger than the wet variety. As a result continuous dewatering of the limestone is required to sustain the excavation pit walls. A special monitoring system was established for monitoring the groundwater drainage, which

legten Grenzwerten die Aussteifung oder den Baugrund nachzubessern.

Grundwassermanagementsystem

Ein entscheidender Faktor für die Festigkeit des Kalksteins war der Feuchtigkeitsgrad. Trockener Kalkstein ist wesentlich fester als nasser. Aus diesem

Aufbau der Grundwassermanagementanlage

Zur Grundwasserabsenkung und zur Entwässerung des Kalksteins wurden über die Länge des Tunnels 520 Brunnen bis in Tiefen von 32 m gebohrt. Die Brunnen wurden so angeordnet, dass sie während der Arbeiten am Tunnel und der notwendigen Umsteifung der Gurte

provides the groundwater levels, the water pressure, the amount of water as well as the discharge amount as well as other parameters in real time. If corresponding limit values are exceeded or fall short of an alarm is triggered via an online system. The Reinders-Wessemius B.V. assures alarm response within 15 minutes.

site. Towards this end the Reinders-Wessemius B.V. installed around 1,500 infiltration well points in 14 fields, capable of reinfiltrating some 80 to 100% of the pumped ground water back into the ground. This involves DSI® technology, which is patented throughout Europe.

Drilling Method

Casing drilling was selected as the method employed. The Liebherr LB 16 deployed by Hölscher Wasserbau is able to produce drillholes with diameters of 1,200 to 2,000 mm depending on the soil with a torque of 16 tm with extended drilling bench (Fig. 4).

750 mm diameter holes were drilled to a depth of 32 m in Maastricht. The solid limestone caused considerable wear to the cutters. Hölscher Wasserbau was able to recover and strengthen the drilling tools in its own workshop in an extremely short time so that no delays resulted from these unforeseen complications.

DSI® System

Hölscher Wasserbau holds the patent for the DSI® system (jet-suction infiltration system). This method enables water to be infiltrated into the ground in a substantially more effective and efficient manner. The German geologist Werner Wils has undertaken intensive investigations of these processes in water-bearing soil during recirculation dewatering. He discovered that the heterogeneity and hydraulic resistance of water-bearing soil exert an even greater influence on the infiltration of water than was previously supposed. Together with an infiltration jet a water-bearing soil consists of various infiltration points. These points depend on the local



Der Liebherr LB 16 von Hölscher Wasserbau bei der Herstellung der Brunnenbohrung

The Liebherr LB 16 of Hölscher Wasserbau during well drilling

Grund ist eine kontinuierliche Entwässerung des Kalksteins für die Haltbarkeit der Baugrubenwände essenziell. Für die Überwachung der Grundwasserabsenkung wurde ein spezielles Monitoring System aufgebaut, welches in Echtzeit die Grundwasserstände, den Wasserdruck, die Wassermenge und auch die Einleitungsmenge sowie weitere Parameter überträgt. Im Falle einer Über- oder auch Unterschreitung von entsprechenden Grenzwerten wird über eine Telenot-Anlage Alarm ausgelöst. Die Reinders-Wessemius B.V. sichert eine Alarmbereitschaft innerhalb von 15 Minuten zu.

nicht umgebaut oder angepasst werden müssen (Bild 3).

Das abgepumpte Wasser sollte zum Schutz des Grundwassers, der angrenzenden Bebauung sowie zum Schutz der Flora und Fauna wieder im direkten Umkreis der Baustelle infiltriert werden. Von der Reinders-Wessemius B.V. wurden hierfür in 14 Versickerungsfeldern ca. 1500 Infiltrationslanzen eingespült, die in der Lage sind ca. 80 bis 100 % des abgepumpten Wassers wieder in den Baugrund zu infiltrieren. Bei dieser Technik handelt es sich um die sogenannte DSI®-Technik, die in ganz Europa mit Patenten geschützt ist.

Setup of the Groundwater Management System

For lowering the groundwater and draining the limestone 520 wells ranging down to 32 m in depth were drilled over the length of the tunnel. The wells were set up in such a manner that they did not have to be modified or adjusted during activities in the tunnel and the necessary bracing of the ties (Fig. 3).

In order to protect the groundwater, the surrounding buildings and the flora and fauna, the pumped ground water had to be reinfiltrated within the direct vicinity of the construction

Bohrverfahren

Als Bohrverfahren wurde das Trockenbohrverfahren gewählt. Die von Hölscher Wasserbau eingesetzte Drehbohranlage Liebherr LB 16 ist in der Lage mit einem Drehmoment von 16 tm Bohrungen je nach Boden im Durchmesser von 1200 mm und bis zu 2000 mm mit vorge-setztem Bohrtisch abzuteufen (Bild 4).

In Maastricht wurden Bohrungen im Durchmesser 750 mm bis 32 m Tiefe gebohrt. Aufgrund des festen Kalksteins ist es zu erheblichem Verschleiß der Bohrkronen gekommen. Hölscher Wasserbau konnte in eigener Werkstatt die Ausbesserungen und Aufpanzerungen der Bohrwerkzeuge in sehr kurzer Zeit realisieren, so dass es zu keiner Terminverzögerung aus diesen unvorhergesehenen Komplikationen kam.

DSI®-System

Hölscher Wasserbau ist Patentinhaber für das DSI®-System (Düsensauginfiltration-System). Diese Methode ermöglicht es, Wasser wesentlich effizienter und effektiver in den Boden zu infiltrieren. Der deutsche Geologe Werner Wils hat intensive Untersuchungen zu den Prozessen in einem wasserführenden Boden während einer Rückführungsentwässerung ausgeführt. Er entdeckte, dass die Heterogenität und der hydraulische Widerstand eines Wasserführenden Bodens einen noch größeren Einfluss auf die Infiltration von Wasser haben als ursprünglich angenommen wurde. Ein Wasser führender Boden besteht zusammen mit einer Infiltrationsdüse aus verschiedenen Infiltrationspunkten. Diese Punkte sind nicht nur von der örtlichen Durch-

lässigkeit abhängig, sondern auch von der zu bewegenden Wassermasse. Sowohl Einstein als auch Newton beschreiben den „Impuls“. Ein Impuls wird als Geschwindigkeit x Masse definiert. Für Grundwasser ergibt sich dadurch die folgende Formel (Bild 5):

Grundwasserimpuls = Strömung (Durchlässigkeit) [m/sec] x Masse [kg]

Wenn man Wassermoleküle mit einer hohen Geschwindigkeit auf bereits vorhandene Wassermoleküle treffen lässt, entsteht eine pulsierende Bewegung. Dieser Effekt ist auch als Wellenbewegung bekannt. Tatsächlich findet eine Verschiebung von Energie statt. Dies bedeutet, dass die Infiltration von Wasser nur möglich ist, wenn die Übertragung von Energie gelingen kann. Laut den Theorien von Wils ist dies ausschließlich in den sogenannten Infiltrationspunkten eines Wasserführenden Bodens möglich. In diesen Infiltrationspunkten ist die Situation ideal für die Energieübertragung. Dies bedeutet, dass nicht der ganze Wasserführende Boden für die Infiltration geeignet ist. Möchte man eine Wassermenge zurück in den Boden führen, muss zuerst der Infiltrationspunkt für diese Wassermenge bestimmt werden. Der Transport des Grundwassers findet nur in natürlicher Strömungsrichtung des Grundwassers statt. Dadurch erklärt sich auch, warum konventionelle Schluckbrunnen mit wechselndem Erfolg angewandt worden sind und noch heute angewandt werden. Manchmal wird ein Infiltrationspunkt zufällig gefunden, aber manchmal eben auch nicht. Darüber hinaus wird das Infiltrationsfeld nicht

permeability as well as the amount of water to be moved. Both Einstein and Newton describe the "impulse". An impulse is defined as speed x mass. This results in the following formula for groundwater (Fig. 5):

Groundwater impulse = flow (permeability) [m/sec] x mass [kg]

If water molecules are allowed to encounter already existing water molecules at high speed, a pulsating movement is created. This effect is also known as wave motion. Energy is in fact displaced. This signifies that the infiltration of water is only possible if energy can be transferred. According to the theories by Wils



Herstellung der Brunnenbohrung
Drilling of wells



LANZ – die sichere Kabelführung für Metro-, Bahn- und Strassentunnel zu international konkurrenzfähigen Preisen:

LANZ Produkte für den Tunnelbau sind 3-fach geprüft

1. auf Erdbebensicherheit SIA 261 Eurocode 8 (EMPA)
2. auf Schocksicherheit 1 bar Basisschutz (ACS Spiez)
3. auf Funktionserhalt im Brandfall 90 Minuten (Erwitte)

Für die Kabelführung in Tunnel 3-fach geprüft sind:

- die LANZ G-Kanäle für kleine und mittlere Kabelmengen. Schraubenlos montierbar. Stahl PE-beschichtet und Stahl A4
- die LANZ Weitspann-Multibahnen (Kabelleiter nach IEC 61537). Für grosse Kabelmengen, hohe Belastung und weite Stützabstände. Stahl tauchfeuerverzinkt und Stahl rostfrei A4 WN 1.4571 und 1.4539
- die LANZ MULTIFIX C-Profileschienen mit eingerollter 5-mm-Verzahnung zur Befestigung u. a. von Rohren, Leuchten, Schildern.

Für die Stromversorgung in Tunnel 3-fach geprüft sind:

- die LANZ HE Stromschienen/Schienenverteiler IP 68 400–6000 A. 4-, 5- und 6-Leiter Alu und CU. Korrosionsfest giessharzvergossen.

Risiken vermeiden. Sicherheit erhöhen. LANZ montieren.

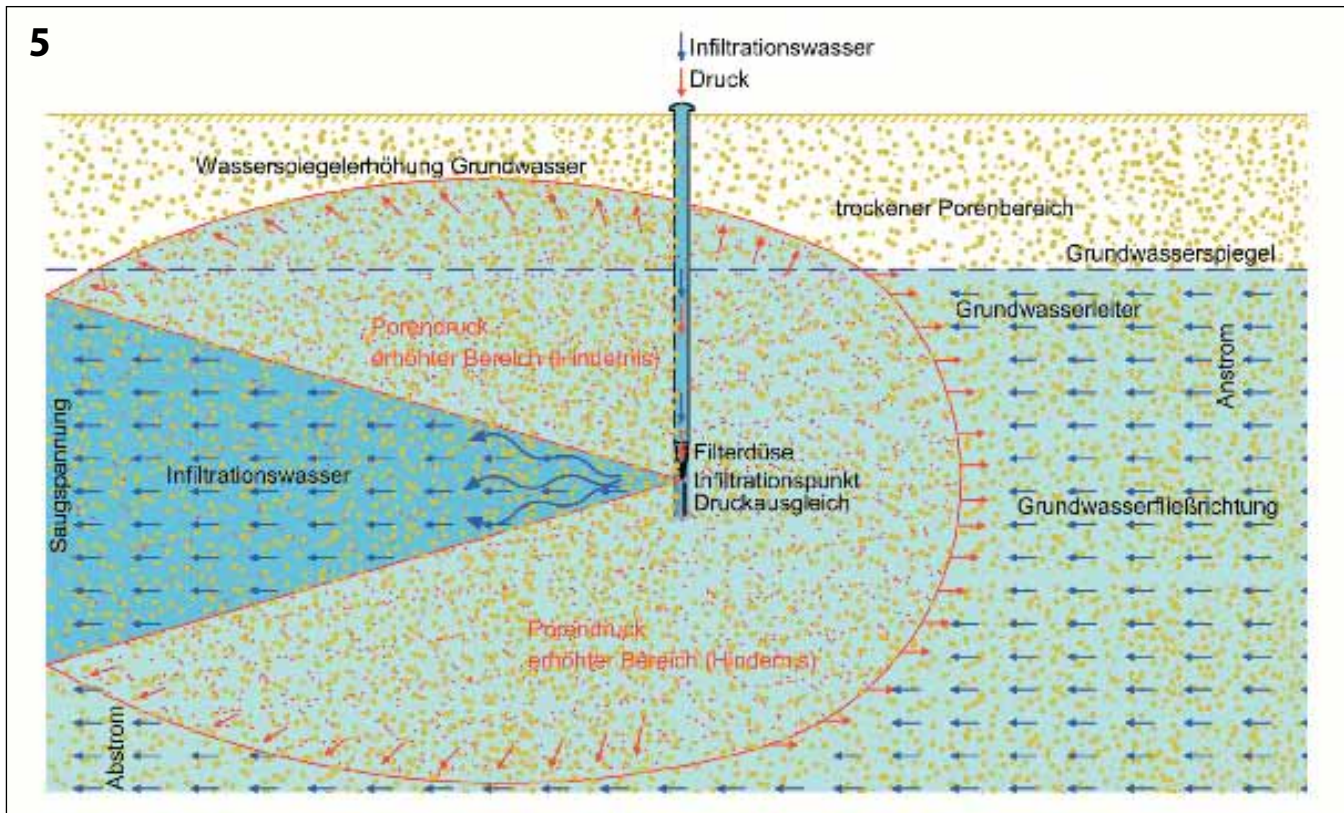
Rufen Sie LANZ an für Referenzen, Beratung, Muster und Offerten:
lanz oensingen ag CH-4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21



lanz oensingen ag

CH-4702 Oensingen
Telefon 062 388 21 21
www.lanz-oens.com

Südringstrasse 2
Fax 062 388 24 24
info@lanz-oens.com



Prinzipische Funktionsweise des DSI®-Systems

Principal of functioning of the DSI® system

gemäß Strömungsrichtung des Grundwassers ausgewählt. Aus diesen Gründen kann die Aufnahmekapazität einer traditionellen Rückflussquelle stark variieren.

DSI®-Infiltration

Das DSI®-System besteht aus der Ermittlung des richtigen Infiltrationspunktes und der Methode zur Auslösung des Impulses. Die patentierte Technologie heißt DSI® (Düsensauginfiltration, auch Elementarwelleninfiltration genannt). Indem Filter am richtigen Infiltrationspunkt angebracht werden treten günstige Umgebungseffekte auf. So steigt das Grundwasser nicht unkontrolliert an, sondern in Bezug zur natürlichen Strömungsrichtung strömungsaufwärts. Der Grund dafür ist, dass durch die Impulswirkung das natürliche Grund-

wasser einen Umweg um das Infiltrationsfeld machen muss.

Die Tests und inzwischen auch die Praxis auf vielen Baustellen haben ergeben, dass durch die Anwendung von DSI® in kurzem Abstand zur Baustelle und Baugrube weniger Wasser entzogen werden muss und die Infiltration ohne negative Beeinflussung der Baugrube und des Absenkezieles funktioniert. Diese Feststellung widerspricht völlig der Denkrichtung der heutigen Hydrologie. Trotzdem können wir dies mit Beispielen aus der Praxis beweisen. In Versuchsfeldern wurde ein Entzugssystem mit Drainagen angelegt. Aus diesen Drainagen wurde einige Tage Wasser gepumpt um zu sehen, welche Senkung möglich ist. Dieses Wasser wurde über die vorhandene Kanalisation abgeführt. Anschließend wur-

this is solely possible at the so-called infiltration points of a water-bearing soil. The situation for transferring energy is ideal at these infiltration points. This signifies that the complete water-bearing soil as such is unsuitable for infiltration. If one wishes to return a quantity of water back into the soil, then the infiltration point for this quantity of water must first be determined. The groundwater is only transported along its natural direction of flow. This also explains why conventional infiltration wells are applied with varying success and are still applied today. Sometimes an infiltration point is found by chance but sometimes not. Furthermore the infiltration field is not selected according to the groundwater's direction of flow. For these reasons the absorption capacity of a traditional return source can strongly vary.

DSI® Infiltration

The DSI® system involves determining the correct infiltration point and the method to trigger the impulse. The patented technology is known as DSI® (jet suction infiltration or elementary wave infiltration). Through placing filters at the correct infiltration point favourable surrounding effects are created. As a result the groundwater does not rise in an uncontrollable fashion but flows upwards in keeping with the natural direction of flow. The reason is that the natural groundwater has to bypass the infiltration field as a result of the impulse effect.

In the interim, these tests have been applied in practice on many construction sites with the outcome that less water has to be removed thanks to DSI® being used at a short distance from the site and excavation

de eine Reinfiltration installiert. Das entzogene Wasser wurde zu 100 % in den Boden zurückgeführt. Auffällig war, dass der Entzug um ca. 20 % rückläufig war, während die Senkung signifikant zugenommen hatte. Stromaufwärts stieg der Grundwasserstand während dieser stromabwärts sank.


Inzwischen wird DSI® in Deutschland und in ganz Europa an mehr als 100 Orten erfolgreich angewandt. So auch in Maastricht beim A2 Projekt. Da DSI® sehr nahe an der Baustelle installiert werden kann, ist dies fast überall insbesondere innerstädtisch anwendbar.

DSI® ist mit jeder Art der Grundwasserabsenkung kombinierbar. Der große Vorteil ist hierbei, dass für das Projekt die richtige Grundwasserabsenkungsmethode gewählt werden kann, zum Schutz von Bebauung, Flora und Fauna. Darüber hinaus reduziert man die notwendige Wasserentnahme. Weniger Wasserentzug bedeutet gleichwohl weniger Wasserrückfluss. Die Folge ist eine geringere Beeinflussung der Umgebung.

In Maastricht wird das DSI®-System mit Erfolg verwendet. Derzeit werden ca. 95 % des anfallenden Wassers infiltriert. Dies gilt nicht nur für das Wasser der Tiefbrunnen sondern auch für das Wasser des offenen Entwässerungssystems der Baugrube.

Zusammenfassung und Ausblick

Bei dem Großprojekt A2 Maastricht ist ein entscheidender Punkt zur Durchführung dieses Projektes das Grundwassermanagement. Dies bedeutet auf der einen Seite die sichere und effiziente Absenkung und Trockenlegung des Kalksteins und auf der anderen Seite zum Schutz der anstehenden Bebauung und zum Schutz der Flora und Fauna die effiziente Reinfiltration des gepumpten Wassers und dies nahezu zu 100 % (Bild 6).

Die Hölscher Wasserbau GmbH und ihre Niederländische Tochterunternehmung Reinders-Wessemius B.V. hatten hierzu nicht nur das notwendige Knowhow bereitgestellt sondern aufgrund der großen Erfahrung das Projekt zum Erfolg geführt. 

pit and infiltration functions without any negative effects on the site and pit. This fact indeed entirely contradicts the manner of thinking of modern hydrology. Notwithstanding it can be backed up through examples taken from practice. An extraction system with drainage was established in test fields. Water was pumped out of this drainage system for several days in order to determine just how much lowering is possible. This water was removed via the existing drains. Then a reinfiltration system was installed. 100 % of the water that had been removed was returned to the soil. What became evident was that removal dropped by some 20 % whereas lowering had increased significantly. The groundwater level increased upstream while it dropped downstream.


In the meantime DSI® has been applied at more than 100 sites in Germany and throughout Europe. This also applies to the A2 project in Maastricht. As DSI® can be used and installed very close to the construction site, this test can be carried out practically everywhere especially in downtown areas,

DSI® can be combined with every form of groundwater lowering. The major advantage in this connection is that the proper groundwater lowering method can be chosen in order to protect buildings, flora and fauna. In addition the amount of water to be removed is reduced. Less water removal signifies less water having to be returned. Consequently the environment is less affected.

The DSI® system is being successfully applied in Maastricht. Currently approx. 95 % of the prevailing water is infiltrated. This not only applies to the water from the deep wells but also the water from the public drainage system for the excavation pit.

Summary and Outlook

Groundwater management represents a decisive factor for carrying out the major A2 project in Maastricht. This on the one hand means the safe and efficient lowering and draining of the limestone and on the other the efficient reinfiltration of pumped water to an amount of almost 100 % to protect the existing buildings and the flora and fauna (Fig. 6).

The Hölscher Wasserbau GmbH and its Dutch subsidiary Reinders-Wessemius B.V. provided the necessary know-how for this purpose as well as successfully executing the project by dint of enormous experience. 

Blick in die Baugrube während der Erdarbeiten
View of the excavation pit during the earthworks

