

# TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELU KLIMKOVICE

## KLIMKOVICE TUNNEL EQUIPMENT

VÍT STREJČEK, PETR ŠMÍDA, MICHAL ROBEK

Tímto článkem navazujeme na informace o ukončení ražeb klimkovického tunelu, které čtenáři obdrželi v čísle 2/2006. V té době se již technologickým vybavením tunelu intenzivně zabývalo oddělení technologických celků Metrostavu a. s., divize 9. Cílem bylo vyhovět všem platným i připravovaným vyhláškám, směrnicím, technickým podmínkám i normám týkajícím se bezpečnosti provozu v tunelech na pozemních komunikacích, protože názory na rozsah a funkci jednotlivých provozních systémů se v celém světě podstatně měnily.

Po několika rozsáhlých požárech v alpských silničních tunelech zahájily země s velkým počtem provozovaných tunelů přípravu na modernizaci norem a současně s tím byly zahájeny v rámci OECD a EU studijní práce týkající se zvýšení bezpečnosti provozu v tunelech s hlavním zaměřením na možnost vzniku, likvidace a odstranění následků požáru.

Výsledkem této snahy bylo mimo jiné i vydání Směrnice EP č. 2004/54/ES o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely transevropské silniční sítě. V České republice byly vydány v roce 2004 technické podmínky TP 98 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací s platností od 1. 10. 2003 a připravovalo se též vydání nové ČSN 73 7507 – Projektování tunelů pozemních komunikací (tato norma byla vydána následně s platností od 1. 1. 2006).

Dokumentace pro výběr zhotovitele na technologické vybavení tunelu, vydaná v říjnu roku 2003, tak nemohla obsahovat veškeré úpravy a změny pro zvýšení bezpečnosti provozu tunelů na pozemních komunikacích. Při tvorbě realizační dokumentace stavby i vlastní výstavbě tunelu byly však již plně respektovány požadavky výše zmínovaných předpisů, jako jsou Směrnice EP č. 2004/54/ES o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely transevropské silniční sítě a technické podmínky TP 98/2004 – Technologické vybavení tunelů pozemních komunikací.

Podle zmínovaných TP 98/2004 je tunel Klimkovice z hlediska bezpečnosti (s ohledem na předpokládanou intenzitu dopravy až 26 200 vozidel/24 hod. v jednom směru) zaříděn do nejvyšší kategorie TA. Tomuto zařídění odpovídá vybavení tunelu, a to jak po stránce stavební, tak zejména po stránce technologické.

### TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ TUNELU

Technologické vybavení tunelu tvoří tyto provozní celky:

- Bezpečnostní a detekční zařízení
- Zařízení pro řízení a automatiku provozu
- Slaboproudá komunikační zařízení
- Energetika
- Osvětlení
- Vzduchotechnika
- Vodní hospodářství



Obr. 1 Velkoplošný zobrazovací systém s monitory videodohledu  
Fig. 1 The large-area projection system with TV surveillance screens

Through this paper, we would like to expand the information on the completion of the Klimkovice tunnel which was presented to Tunnel readers in issue No. 2/2006. At that time the equipment of Klimkovice tunnel was in the main focus of the Department of Equipment Systems of Metrostav a.s., Division 9. The objective was to meet all existing and under-preparation regulations, directives and specifications or standards dealing with operational safety of road tunnels because opinions on the extent and function of individual operating systems were significantly changed in the world.

After several large conflagrations in Alpine road tunnels, the countries where great numbers of tunnels were operating started to upgrade relevant standards. At the same time, work on studies started within the framework of the OECD and EU, dealing with the improvement of safety in tunnels, with the main focus on the possibility of occurrence, suppression and removal of consequences of fires.

This effort resulted, apart from other activities, into the issuance of the EP Directive No. 2004/54/ES on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European road network. Regarding the Czech Republic, technical specifications TS 98 – Road Tunnel Equipment was issued in 2004, with the validity from 1.10.2003; the issuance of the new standard ČSN 73 7507 – Design of Road Tunnels was also being prepared (this standard was issued subsequently, with the validity from 1.1.2006).

Tender documents for the tunnel equipment which were published in October 2003 therefore could not contain all modifications and changes designed to improve safety in road tunnels. Nevertheless, when the detailed design was being prepared and the tunnel construction implemented, the requirements contained in the EP Directive No. 2004/54/ES on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European road network and the Technical Specifications TS 98/2004 – Road Tunnel Equipment were fully respected.

In terms of the above-mentioned TS 98/2004, the Klimkovice tunnel is categorised as the highest TA safety category (with respect to the anticipated traffic flow volume up to 26,000 vehicles per 24 hours in one direction). The tunnel equipment corresponds to this category, both in terms of the structure and equipment.

### TUNNEL EQUIPMENT

- The tunnel equipment consists of the following operating systems:
- Safety and detection equipment
- Operation control and automation equipment
- Small power communication equipment
- Power supply
- Lighting
- Ventilation
- Water management

#### ad 1) Safety and detection equipment

This equipment is designed to monitor the tunnel operation during a standard regime. It further provides initial identification of the occurrence of crisis situations in the tunnel and the tunnel utilities building (TUB).

##### SOS boxes (emergency calls)

There are 14 SOS boxes installed in the Klimkovice tunnel, uniformly distributed in the tunnel. The boxes are installed in SOS niches in the tunnel lining and at lay-bys.

SOS cabins are designed as self-supporting stainless steel structures. The user part of the cabin serves for emergency calling, non-verbal communication (manual call points) and is equipped with safety and salvage equipment. This room is also equipped with a presence detection sensor, identifying a person present in the cabin, and an open door signalling contact.



Obr. 2 Trafostanice a kontejner záložního zdroje  
Fig. 2 The transformer station and the stand-by power source container

### ad 1) Bezpečnostní a detekční zařízení

Tato zařízení slouží ke sledování provozu tunelu ve standardním režimu. Dále zajišťují prvotní identifikaci vzniku krizových situací v tunelu i provozně-technickém objektu (PTO).

#### SOS hlásky (tísňové volání)

V tunelu Klimkovice je umístěno 14 SOS skříní rovnoměrně rozmístěných v tunelu. Skříně jsou umístěny v SOS výklencích v ostění tunelu a v zálivech.

SOS kabiny jsou řešeny jako samonosné nerezové skříně. Uživatelská část slouží k tísňovému volání, mimohlasové komunikaci (tlačítka) a je vybavena bezpečnostním a vyprošťovacím zařízením. Tento prostor je také vybaven přítomnostním čidlem pro identifikaci přítomnosti osoby v SOS skříní a dveřním kontaktem.

#### Elektrická požární signalizace (EPS)

Ústředna EPS je umístěna v lokálním velínu PTO. Systém je vybaven zařízením dálkového přenosu (ZDP) RADOM STX 23, které je připojeno na pult CTV MO (Centrum tísňového volání města Ostravy). Automatické hlásiče požáru jsou umístěny prakticky po celém PTO, trafostanici, tunelových spojkách, kolektorech a ve venkovním dieselařegátu (DA).

Oba autobusy jsou střeženy lineárním teplotním kabelem FibroLaser II. Tlačítkové hlásiče požáru jsou umístěny na únikových cestách (tunelových spojkách), v SOS skříních a deset na stěnách u vstupů do tunelových propojek. Čtyři tlačítkové hlásiče jsou v SOS hláškách umístěných na předpolí tunelu.

#### Elektrická zabezpečovací signalizace (EZS)

Na objektech PTO a trafostanice je použita plášťová a prostorová ochrana, připojeny jsou ochranné kontakty na klíčových trezorech požární ochrany (KTPO) obou objektů a dveřích DA.

Pro signalizaci otevření dveří v tunelových propojkách a rozvodnách jsou na všech dveřích nainstalovány magnetické kontakty. Ty jsou zapojeny v místě přímo do rozvaděče RS (řídícího systému).

#### TV dohled včetně videodetekce (CCTV)

Systém televizního dohledu umožňuje zpracování signálů z kamer, které distribuuje na tři pracoviště (PTO, SSÚD a PČR), kde jsou zobrazeny na monitorech a do systému HZS. Celý systém komunikuje s nadřazeným řídicím systémem.

Systém televizního dohledu obsahuje 82 barevných kamer. Z toho 41 (21 v levé tunelové troubě a 20 v pravé tunelové troubě) jsou tzv. dohledové. Jsou umístěny v jednotlivých tunelových troubách pod klenbou tunelu na nosnících. Kromě TV ústředny a záznamu jsou připojeny též na videodetekční zařízení.

Dalších 29 kamer je umístěno na stěně tunelový trub a jsou nastaveny tak, aby sledovaly vstupy do SOS skříní, vstupy do tunelových propojek a prostor uvnitř těchto propojek.

Další 4 pevné kamery jsou umístěny na objektu PTO a trafostanici a 1 kamera střeží dieselařegát.

Šest otočných kamer je umístěno na obou předpolích tunelu. Na každé straně jsou dvě umístěné na sloupech VO a jedna na portálu pro měření výšky vozidel.

Videodetekční zařízení vyhodnocuje signály ze 41 detekčních kamer, které jsou umístěny v tunelu. Vyhodnocuje následující parametry:

- stojící vozidlo
- vozidlo v protisměru
- objekt na vozovce

### Fire alarm and detection system (FADS)

The FADS station is located in the local management centre in the TUB. The system is equipped with a RADOM STX 23 remote transmission system, which is connected to the panel at the Emergency Call Centre of the City of Ostrava. Automatic fire detectors are located virtually in the whole TUB, transformer station, tunnel cross passages, utility ducts and the external diesel generating set.

Both tubes are guarded by a FibroLaser II linear heat detection system. The manual call points are located on escape routes (in tunnel cross passages), in SOS boxes and ten pieces are on the walls at the entrances of the cross passages. Four manual call points are in SOS boxes in front of the tunnel.

### Electrical Security Signalling (ESS)

Shell protection and spatial protection elements are installed in the TUB and transformer station; protective contacts are connected to fire protection key safes (FPKS) of both structures and to the door of the diesel generating set room.

Open door signalling magnetic contacts are installed on all doors of the cross passages and distribution stations. The contacts are connected directly to the MS (management system) switchboard.

### TV surveillance including video detection (CCTV)

The television surveillance system makes the quick processing of signals from cameras possible. It distributes them to three working places (the TUB, the Centre of Administration and Maintenance of Motorways and the Police of the CR), where they are displayed on screens, and to the Fire Rescue Brigade (FRB). The entire system communicates with the superior management system.

The television surveillance system comprises 82 colour cameras; of that number 41 pieces are so-called surveillance cameras (21 in the left tube and 20 in the right tube). They are installed in the individual tunnel tubes on beams under the tunnel vault. Apart from the TV exchange and a recording system, they are also connected to the video detection equipment.

Other 29 cameras are installed on the walls of the tunnel tubes; they are set to monitor entrances to the SOS cabins, entrances to the cross passages and the interior of the cross passages.

Other 4 fixed cameras are located on the TUB and transformer station structures and one camera guards the diesel generating set.

Six revolving cameras are located in front of both tunnel portals. There are two cameras on either side, installed on public lighting masts, plus one vehicle height measuring camera on the portal wall.

The video detection equipment assesses signals from the 41 detection cameras which are located inside the tunnel. It assesses the following parameters:

- a standing vehicle
- an oncoming vehicle
- an object on the roadway
- a person on the roadway
- smoke
- loss of signal
- reduced speed of a column of vehicles

### Public address system

The main radio broadcasting switchboard is located in the TUB, while dependent switchboards are in the cross passages TS1, TS3, TS5.

The system is equipped with noise-activated automatic volume control, which guarantees that the required intelligibility of broadcasting is maintained. The system regulates the sound volume of announcements independently in 20 sections of the tunnel (sections 01 to 20) on the basis of signals from measurement microphones. The sound volume regulation is in function continuously, which means that it is active even during the announcement. During the operation without emergencies, the microphone stations are used at the workplaces of the Directorate of Roads and Motorways of the Czech Republic (the SSÚD Ostrava) or the Police of the CR. The microphone station at the TUB is used when operators or the commander of the intervention are present at this working place.

Horn loudspeakers are used for the public address system in the tunnel, while metallic directional loudspeakers are installed in cross passages. A total of 181 loudspeakers is installed in the tunnel.

### ad 2) Operation control and automation equipment

This equipment is the heart of the tunnel. It allows coordinated operation of individual tunnel equipment systems, such as the safety and

- člověk na vozovce
- kouř
- ztráta signálu
- snížení rychlosti kolony vozidel

#### Ozvučení tunelu (informační rozhlas)

Hlavní rozhlasová ústředna je umístěna v PTO a podústředny v propojkách TS1, TS3, TS5.

Pro zajištění požadované srozumitelnosti je systém vybaven funkcí automatického řízení hlasitosti v závislosti na hluku pozadí. Na základě signálů z měřicích mikrofonů systém nezávisle reguluje hlasitost hlášení ve 20 příslušných úsecích tunelu – sekce 01 až 20. Regulace hlasitosti funguje nepřetržitě, tj. je aktivní i během hlášení. Při provozu bez mimořádných událostí jsou využívány mikrofonní stanice na pracovištích ŘSD ČR (SSÚD Ostrava) nebo PČR. Mikrofonní stanice na PTO je využívána při přítomnosti obsluhy nebo velitele zásahu na tomto pracovišti.

Pro ozvučení tunelu jsou použity tlakové reproduktory a pro ozvučení průchodů jsou použity kovové směrové reproduktory. Celkem je v tunelu umístěno 181 kusů reproduktorů.

#### ad 2) Zařízení pro řízení a automatiku provozu

Tato zařízení jsou srdcem tunelu a zajišťují koordinovaný chod jednotlivých provozních celků tunelu, jako jsou bezpečnostní a detekční zařízení, energetika, osvětlení, vzduchotechnika a vodní hospodářství při standardním provozu i při řešení krizových situacích vzniklých v tunelu. Měření pro řídicí systém zajišťují vstupní parametry pro řízení dopravy a technologie v tunelu.

Řídicí systém dopravy a technologie splňuje následující kritéria:

- horká záloha centrálních řídicích automatů (hot-standby redundancy)
- redundance přenosového vedení
- redundantní komunikační vazba na vzdálený dispečink (SSÚD Ostrava)
- hlášení poruch
- komponent řídicího systému poruch komunikace
- redundantní spojení s ústřednou EPS
- integrace kamerového systému do řídicího systému

Reakce stanic řídicího systému v případě mimořádné situace (požár, koncentrace plynů, opacita apod.) je automatická a musí nastat i v případě výpadku komunikace řídicích stanic s nadřazenou vizualiizační úrovní. Řídicí systém tunelu ovládá proměnné dopravní značení v tunelu i na portálech dopravního značení na vjezdech do tunelu, aby byla v maximální míře zachována bezpečnost provozu v tunelu, protože při vzniku krizové situace v tunelu je třeba v co nejkratším čase zabránit vjezdu vozidel do tunelu.

*První úroveň* – je nejvyšší řídicí, kterou tvoří propojené velíny SSÚD Ostrava, PČR a velín v provozně-technickém objektu před tunely. Síť je zálohovaná pomocí dvou datových redundantních serverů dopravy a technologie.

*Druhá úroveň* – řídicí systém dopravy a technologie tunelu Klimkovice je založen na systému ControlLogix firmy Allen-Bradley. Hlavní stanice pracují v režimu hot-standby, tzv. horké záloze. Systém je založen na principu automatického zásahu – primární stanice ovládá jednotlivé periferie a komunikuje se sekundární stanicí. V případě



Obr. 3 Osvětlení nouzového zálivu a vstupu do tunelové propojky  
Fig. 3 The lighting of the emergency lay-by and an entrance of a cross passage

detection system, power supply, lighting, ventilation and water management, during standard conditions or during crisis situations which may occur in the tunnel. The measurements carried out for the control system provide input parameters for the control of the traffic and equipment in the tunnel.

The traffic and equipment control system meets the following criteria:

- hot stand-by redundancy for central control automatons
- redundancy of transmission lines
- redundant communication line to the remote management centre (the Centre of Administration and Maintenance of Motorways in Ostrava)
- fault reporting
- a component of the communications failure control system
- redundant connection with the FADS switchboard
- integration of the CCTV into the control system

The response of the management system stations in the case of an emergency (a fire, concentration of gases, opacity etc.) is automatic and must take place even in the case of a failure in the communication between the management centres and the superior visualisation level. The tunnel management system controls the variable traffic signs inside the tunnel and at portals so that the safety of traffic in the tunnel can be maintained to the maximum extent in the case of the origination of an emergency in the tunnel, when the entry of vehicles must be prevented within as short time as possible.

*First level* – this is the highest management level, which is formed by interconnected management centres at the Centre of Administration and Maintenance of Motorways in Ostrava, the Police of the CR and in the tunnel utilities building in front of the tunnels. The network is backed up by means of two redundant traffic and equipment data servers.

*Second level* – the tunnel traffic and equipment management system which is installed in the Klimkovice tunnel is based on the Allen-Bradley ControlLogix system. The main stations are operated in a hot stand-by redundancy regime. The system is based on an automatic backup principle – a primary station controls individual peripheries and communicates with a secondary station. The stand-by station takes over all operations in the case of a failure of the primary station, without any failure in the communication or suspension of an action being in progress.

*Third level* – it is formed by a redundant connection between the two main stations and the secondary equipment and traffic management stations (Y-topology). The secondary stations are supplied with power from a rotational uninterruptible power source (RUPS).

Subsidiary management centre

*The TUB:*

The equipment of the subsidiary management centre is based on the fact that this centre is, above all, a servicing workplace and, in the case of a failure at the management centres of the Ostrava Centre of Administration and Maintenance of Motorways or a failure in the communication with them, it also acts as a stand-by workplace.

There are workplaces for equipment and traffic control there; the FRB equipment control workplace is equipped with an equipment control keyboard. The management centre is equipped with four TV surveillance screens for the purpose of the monitoring of the tunnel traffic. The communication with SOS boxes is through a telephone set console. The workplace is equipped with a microphone console for wireless communication with vehicles in motion, allowing the operator to enter the FM broadcasting of ČRo 1 – Radiožurnál. In addition, there is another microphone console there, which allows the use of pre-recorded announcements or direct entries of the operator through the public address system during the handling of a crisis situation.

Part of the management centre equipment is also a tunnel layout display board.

*The Ostrava Centre of Administration and Maintenance of Motorways (CAMM):*

The equipment of the tunnel management centre at the Ostrava CAMM is based on the fact that this centre is the main management workplace for the tunnel equipment.

A separate workplace was established for the equipment and traffic management. The management centre is equipped with TV surveillance screens and a control keyboard for the monitoring of traffic in the tunnel. A large-area projection system (see Fig. 1) is installed for the representation of the data obtained from the management system.

Similarly to the TUB equipment, this workplace is equipped with a microphone console for wireless communication with vehicles in



Obr. 4 Brněnský portál s osvětlením plochy pro zásah IZS  
Fig. 4 The Brno portal with the illumination of the IRS mustering area

výpadku primární stanice přebírá veškeré operace stanice záložní, aniž by došlo k poruše komunikace či zastavení probíhající akce.

**Třetí úroveň** – je tvořena redundantním propojením obou hlavních stanic s podstanicemi technologie a dopravy v topologii hvězdy. Napájení podstanic je ze zálohovaného zdroje rotační UPS.

#### Rídicí podústředna

##### PTO:

Technologické zařízení dispečinku v podústředně vychází ze skutečnosti, že tento dispečink je především pracovištěm servisním, a v případě poruchy na dispečincích na SSÚD Ostrava, nebo poruchy v komunikaci s nimi, také pracovištěm záložním.

Je zbudováno pracoviště technologie, pracoviště řízení dopravy a pro ovládání technologie HZS je pracoviště vybaveno technologickou klávesnicí. Pro sledování provozu v tunelu je dispečink vybaven čtyřmi obrazovkami televizního dohledu. Pro komunikaci se skříněmi SOS je instalován telefonní přístroj, pult dispečerského telefonu. Pro bezdrátové spojení s jedoucími vozidly je pracoviště obsluhy vybaveno mikrofonním pultem pro vstup dispečera do VKV vysílání ČRo 1 – Radiožurnál. Dále je zde osazen další mikrofonní pult informačního rozhlasu, který umožňuje využít přednahrávaných zpráv či vlastního vstupu dispečera při řešení krizové situace.

Součástí vybavení velínu je také situační tablo tunelu.

##### SSÚD Ostrava:

Technologické zařízení dispečinku SSÚD pro tunel vychází ze skutečnosti, že tento dispečink je hlavním řídicím pracovištěm technologie tunelu.

Pro řízení technologie a dopravy je zbudováno samostatné pracoviště. Pro sledování provozu v tunelu je dispečink vybaven šesti obrazovkami televizního dohledu a ovládací klávesnicí. Pro zobrazení dat z řídicího systému je instalován velkoplošný projekční systém, obr. 1.

Obdobně jako PTO je pro bezdrátové spojení s jedoucími vozidly pracoviště vybaveno mikrofonním pultem pro vstup dispečera do VKV vysílání ČRo 1 – Radiožurnál, mikrofonním pultem informačního rozhlasu.

Součástí vybavení velínu je také situační tablo tunelu.

#### Dálniční informační systém tunelu

Rozdělení napájení i ovládání značek odpovídá rozdělení obou tunelových tubusů na požární úseky. Značky jsou napájeny ze zajištěného zdroje napájení z rozvaděčů dopravy umístěných v jednotlivých tunelových propojkách.

#### Měření pro řídicí systém

Pro přehlednost je popis systému rozdělen na deset částí podle jednotlivých typů čidel. Tento provozní soubor se zabývá detekcí a měřením fyzikálních a chemických veličin vně a uvnitř tunelu, v objektu PTO a trafostanice. Tyto informace jsou přenášeny na řídicí systém tunelu a dále využívány pro provozní účely, diagnostiku, řízení ventilace, dopravy atd.

*Provozní soubor obsahuje tyto detektory a čidla:*

- měření CO, NO a opacity v tunelu
- měření rychlosti proudění vzduchu v tunelu
- detekci mlhy před portály tunelu (na výjezdech)
- měření počtu otáček a vibrací na ventilátorech
- měření zaplavení v čerpací jímce kabelové chodby a čerpací jímce kolektoru trafostanice

motion allowing the operator to enter the FM broadcasting of ČRo 1 – Radiožurnál, and a microphone console of the public address system.

Part of the management centre equipment is also a tunnel layout display board.

#### Motorway information system in the tunnel

The division of the power supply for traffic signs and their control corresponds to the division of both tunnel tubes into fire compartments. The signs are supplied with power from a secure power source, from the traffic-purposes switchboards which are located in individual tunnel cross passages.

#### Measurements for the management system

For the purpose of lucidity, the description of the system is divided into ten sections, according to individual types of sensors. This operating system deals with the detection and measurement of physical and chemical quantities outside and inside the tunnel and inside the TUB building and transformer station. This information is transmitted to the tunnel management system to be further used for operating purposes, diagnostics, ventilation control, traffic control etc.

The operating system comprises the following detectors and sensors:

- measurement of CO, NO and opacity in the tunnel
- measurement of the air velocity in the tunnel
- detection of fog in front of the tunnel portals (at the exits)
- measurement of rotational frequency and vibrations on fans
- measurement of inundation in the pumping sump in the cable corridor and the pumping sump in the utility duct in the transformer station
- measurement of temperature and relative humidity
- measurement of luminance for the purpose of the accommodation illumination
- measurement of vehicle height
- measurement of traffic parameters
- measurement of water pressure in the fire main
- energy measurements

### ad 3) Small power communication equipment

#### Radio communications

Radio communications in the Klimkovice tunnel are provided by means of the "extension" of the radio signal for selected users from the external environment to the tunnel tubes interior, where it cannot get in a natural way.

The system is designed to allow uninterrupted communication between the management centre of individual services and mobile subscribers of this service during the passage between the outer and inner environments and, at the same time, to allow parallel, simultaneous operation at all installed frequencies. This requirement follows from the characteristics of the use, where the greatest need for connection in all radio networks exists during emergencies, when the radio traffic cannot be coordinated and it can be assumed that all components of the Integrated Rescue System (IRS) are in action simultaneously, all requiring radio communications.

#### Telephone communication – service telephone

The telephone communication system within the framework of the Klimkovice tunnel construction allows the personnel providing technical services in the tunnel to communicate using a circuit with sockets, which is connected to a branch exchange.

### ad 4) Power supply

#### HV/LV transformer station – technology

The 22/0.4kV transformer station is located in a separate bricked single-storey building with a basement housing cables. It is supplied with power through two independent feeders running from a 22kV power system operated by Severomoravská Energetika a.s. There are 2 pieces of 22/0.4kV, 1600kVA transformers in the station. The transformer station is divided into two separate distribution stations, HV and LV, two separate transformer chambers and a separate measuring room with a separate entrance dedicated to Severomoravská energetika a.s. The two transformers feed individually main LV switchboards, which are calculated for their HV/LV output of 1600kVA.

#### LV distribution system in the tunnel

This operating system comprises LV feeding switchboards and LV distribution lines leading to all equipment sets.

The detailed design was based on the new concept of main feeder lines and on the requirements contained in the technical specifications

- měření teploty a relativní vlhkosti
- měření jasů pro akomodační osvětlení
- měření nadměrné výšky vozidel
- měření dopravních parametrů
- měření tlaku v požárním vodovodu
- energetická měření

### ad 3) Slaboproudá komunikační zařízení

#### Rádiové spojení

Rádiové spojení v tunelu Klimkovice je zajištěno „rozšířením“ rádiového signálu pro vybrané uživatele z vnějšího prostředí do prostorů tunelových trub, kam přirozenou cestou nemůže proniknout rádiový signál.

Systém je koncipován tak, že umožní spojení dispečerského centra jednotlivých služeb s mobilními účastníky této služby bez přerušení při přejezdu mezi vnějším a vnitřním prostředím a současně je navržen tak, aby umožnil souběžný provoz na všech nainstalovaných kmitočtech současně. Tento požadavek vyplývá z charakteristiky použití, kdy největší potřeba spojení na všech rádiových sítích je při mimořádných událostech, kdy není možné koordinovat rádiový provoz a je předpoklad, že zasahují všechny složky IZS současně s potřebou rádiové komunikace.

#### Telefonní spojení v tunelu – servisní telefon

Telefonní spojení v rámci stavby tunelu Klimkovice umožňuje spojení pracovníkům zajišťujících technický servis v objektu pomocí zásuvkového rozvodu napojeného na vedlejší pobočkovou ústřednu.

### ad 4) Energetika

#### Trafostanice VN/NN – technologická část

Trafostanice 22/0,4kV je umístěna v samostatném zděném jednopodlažním objektu s kabelovým technickým suterénem. Je napájena dvěma samostatnými přívody ze soustavy sítě 22kV SME a je osazena 2 ks suchých transformátorů 22/0,4kV, 1600kVA. Trafostanice je členěna na dvě oddělené rozvodny VN a NN, dvě oddělené trafokomory a samostatnou místnost měření, s vlastním vstupem pro SME (Severomoravská energetika, a. s.). Oba transformátory napájí jednotlivě hlavní rozváděče NN, které jsou dimenzovány na jejich výkon VN/NN 1600kVA.

#### Rozvody NN v tunelu

Tento provozní soubor zahrnuje napájecí rozváděče NN a rozvody NN pro veškerá technologická zařízení.

Realizační dokumentace vycházela z nové koncepce hlavních napájecích rozvodů a z ustanovení TP98/2004. Proto jsou použity pro hlavní napájecí rozvody kabely s funkční schopností při požáru podle ČSN IEC 60 331 – „V“. Kabely napájecí požárně vyhrazená zařízení podle PBR vyhovují spolu s nosnou úložnou konstrukcí požadavkům zkušební předpisu ZP 27/2006 – Pro stanovení třídy funkčnosti kabelů a kabelových nosných konstrukcí–systémů – v případě požáru. Ostatní kabelové rozvody jsou provedeny jako bezhalogenové se zvýšenou požární odolností proti šíření plamene podle ČSN EN 50 266-2-2.

#### Záložní zdroj

Dodávka elektrické energie pro vybraná zařízení v případě výpadku proudu z veřejné sítě je zajištěna točivým náhradním zdrojem el. energie – dieselaagregátem (DA)+RUPS (rotační UPS) obr. 2.

Jde zejména o tyto spotřebiče:

- nouzové a náhradní osvětlení tunelu
- EPS
- požární čerpadla v TS
- topné kabely pro ohřev požárního vodovodu v tunelu
- proudové ventilátory v tunelu a zařízení VZT v tunelových propojkách
- SOS skříně a dopravní značení
- rádiové spojení, televizní okruhy, informační rozhlas
- řídicí informační a ovládací systémy

Obvykle se k zabezpečenému napájení používají nezávislé zdroje doplněné akumulátorovou sadou o potřebné kapacitě. Vzhledem k požadavku na dostatečnou kapacitu a nárokům na údržbu spojeným s nízkou životností se baterie staly kritickým prvkem z hlediska provozní spolehlivosti. Navíc, pokud v tunelu dojde k požáru, který zasáhne i akumulátorovou stanici, likvidace akumulátorů zničených po zásahu hasičských sborů je velmi pracná a zdlouhavá.



Obr. 5 Kabelová šachta s požárním vodovodem do tunelové propojky 3  
Fig. 5 The cable shaft with the fire main leading to the cross passage TS3

TS98/2004. This is why cables with the class V of the operability during a fire, according to the requirements of the standard ČSN IEC 60 331, are used for the main feeder lines. Cables feeding classified equipment (specified in the Fire Safety Design), together with the cable supporting structure meet the requirements of the testing specification ZP 27/2006 used for the determination of classes of operability of cables and supporting structures – systems – in the case of a fire. The other cable lines are of the halogen-free type, with increased flame propagation resistance, according to the requirements of the standard ČSN EN 50 266-2-2.

#### Backup power source

The supply of power for the classified equipment in the case of a failure in the power supply from the public network is provided by a rotational backup source, i.e. a diesel generating set + a rotational UPS, see Fig. 2.

The classified equipment comprises above all:

- emergency and stand-by tunnel lighting
- fire alarm and detection system (FADS)
- fire pumps in the transformer station
- heating cables for trace heating of the fire main in the tunnel
- jet fans in the tunnel and ventilation equipment in tunnel cross passages
- SOS boxes and traffic signalling
- radio communications, CCTVs, public address system
- information management and control systems

The uninterruptible power supply is usually provided by means of independent sources combined with an accumulator set with adequate capacity. Because of the requirement for sufficient capacity and the demanding maintenance associated with the short lifetime, batteries have become a critical element in terms of operational reliability. In addition, when a fire which occurs in a tunnel hits an accumulator battery charging station, the disposal of accumulators destroyed by the action of fire rescue brigades becomes a very arduous and time-consuming task.

For that reason, a barrier-free system of backup supply was used in the tunnel, by means of the Energocentre NZ2® power generation system.

The Energocentre NZ2® is installed in a non-customary way – above the tunnel, in the area of a terrain dome (in contrast with the tunnels of the D8 motorway, where energy centres are installed at tunnel portals). Feeder cables supplying tunnel equipment lead through a vertical utility shaft, to the centre of the tunnel body. The advantage of this variant is that the lengths of cables to all spots in the tunnel are optimum and the ventilation of the energy centre is simple. The firm capacity of the Energocentre NZ2® is 500 kVA. The total take off, including the power for equipment with a lower degree of protection, is 1250kVA; it is provided by a Caterpillar diesel generating set.

Na tunelu byla proto použita bezbateriová metoda záložního napájení pomocí energocentra NZ2®.

Energocentrum NZ2® je instalováno atypicky nad tunelem v oblasti terénního vrchlíku (na rozdíl od tunelů na dálnici D8, kde jsou energocentra instalována v portálech tunelu). Přívodní kabely pro napájení technologie vedou vertikální technologickou šachtou do středu tunelového tělesa. Výhodou této varianty jsou optimální délky kabelů ke všem místům v tunelu a jednoduchá vzduchotechnika energocentra. Zabezpečený výkon energocentra NZ2® je 500 kVA. Celkový odběr včetně technologií s nižším stupněm zabezpečení je 1250 kVA a je zajištěn dieselaagregátem Caterpillar.

Energocentrum NZ2® je kompaktní systém, který z pohledu uživatele má tři připojovací body: vstup z veřejné sítě, plnicí hrdlo palivové nádrže a výstup pro zátěž. Důležité obvody (viz výše), jsou zálohovány modulem nepřetržitého napájení (MNN), který pracuje na principu mechanického akumulátoru energie (setrvačnicku). Tento modul zajistí nepřetržitou dodávku elektrického výkonu 500 kVA i při mikrovýpadech nebo krátkodobém poklesu napětí v síti. Je-li výpadek napětí v síti delší, dojde k automatickému startu dieselaagregátu, který uvedené obvody, ale i další technologie (osvětlení, ventilace) v tunelu napájí potřebnou dobu, než se napětí ve veřejné síti obnoví, přičemž palivová nádrž DA je dimenzována na min. 8 hod. provozu.

Modul MNN je představitelem zcela nové generace záložních energetických zdrojů: rotující akumulátor energie – setrvačnick s obvodovou rychlostí na hranici rychlosti zvuku na magnetickém ložisku ve vakuu.

Všechny části energocentra NZ2® jsou určeny pro provoz v neklimatizovaném prostředí včetně teplot pod bodem mrazu. Není třeba nárokovat zvláštní místnosti, jako je tomu u bateriových zdrojů UPS. Modul MNN lze umístit do strojovny dieselaagregátu, rozvodny NN, technologických prostor, kamkoli. Energocentrum NZ2® pracuje bez obsluhy. Potřebné informace o provozu jsou sdělovány prostřednictvím dálkového monitoringu na technologický dispečink provozovatele.

#### Ochrana proti bludným proudům

Tunel je vybaven kontrolními body pro měření bludných proudů. Na základě měření během výstavby byla doplněna pasivní ochrana tzv. obětovanou anodou (cca 4 x 10 m kolejnic).

#### ad 5) Osvětlení

Osvětlení je realizováno v souladu s výše citovanými TP 98 a světelně technickou studií, která vycházela z doporučení C.I.E. 88/1990, resp. 2004 (doporučení Mezinárodní komise pro osvětlení).

Ovládání osvětlovacích soustav tunelu je z navazujícího ŘS pomocí jasoměru umístěných před portály tunelu, případně ručně z rozváděče osvětlení.

#### Akomodační osvětlení

Akomodační osvětlení tunelu slouží pro osvětlení přechodových pásem ve vstupní části tunelu asi 300–350 m, odpovídající adaptační schopnosti očí řidičů, a je řešeno pomocí dvou řad výbojkových asymetrických protisměrných svítidel umístěných pod stropem tunelu nad jízdními pruhy, vždy ve vstupní části ve směru jízdy. Pro obousměrný provoz je realizováno protisměrné předávné akomodační osvětlení, na konci tubusu nad rychlým jízdním pruhem.

#### Průjezdni osvětlení

Průjezdni osvětlení tunelu sloužící pro osvětlení celého tunelu umístěné ve středové ose tunelu je realizováno pomocí výbojkových symetrických svítidel umístěných v rovnoměrných roztečích. Svítidla průjezdního osvětlení umístěná u SOS skříní a tunelových spojek včetně zálivu jsou vybavena halogenovou výbojkou bílého světla. Nezasvěcuje se přímo příslušné zařízení, ale celý přilehlý úsek. Tato svítidla nejsou vybavena tlumivkou pro stmívání svítidel, ale naopak svítí po celý den na plný světelný výkon, obr. 3.

Průjezdni osvětlení tunelu je napájeno z tunelových spojek v rámci jednotlivých vypínatelných úseků, ze zálohovaného bezvýpadkového zdroje el. energie.

#### Nouzové únikové osvětlení

Nouzové osvětlení tunelu je tvořeno LED svítidly, osazenými do nik v bocích tunelových trub ve výšce 0,9 m nad chodníkem a s roztečí svítidel 12 m. Toto osvětlení je napájeno z nezávislého, zálohovaného zdroje napájení elektrické energie RUPS.

The Energocentre NZ2® is a compact system, which has, from the user point of view, the following three points of connection: the entrance from the public network, the fuel tank filler neck and the outlet for the loading. Critical circuits (see above) are backed up by the MNN module for uninterruptible supplies, which works on the principle of a mechanical accumulator of energy (a flywheel). The module provides uninterrupted supply of electric power of 500kVA even when microfailures or a short-term drop in voltage occur across the network. When the mains failure is longer, the diesel generating set is automatically started. It feeds the above-mentioned circuits, but also other tunnel equipment (the lighting, ventilation) for the necessary time, until the voltage within the public network is reinstated. The fuel tank of the diesel generating set is calculated for 8-hour operation as the minimum.

The MNN module is a representative of a completely new generation of backup power sources: a rotating accumulator of energy – a flywheel with the circumferential speed bordering with the speed of sound, supported by a magnetic bearing in a vacuum.

All parts of the Energocentre NZ2® are designed for the operation in non-airconditioned conditions, including subzero temperatures. Special rooms, such as those used for UPS battery sources, are not required. The MNN module can be installed in a room for a diesel generating set, an LV substation, utility rooms or anywhere else. The Energocentre NZ2® operation is unattended. The required information about the operation is communicated through the remote monitoring system to the operator's equipment management centre.

#### Protection against stray currents

The tunnel is equipped with test points allowing the measurement of stray currents. Based on the results of the measurements conducted during the course of the construction, a passive protection system was additionally installed, consisting of a sacrificial anode (roughly 4 x 10m of rails).

#### ad 5) Lighting

The lighting was designed in compliance with the requirements of the above-mentioned specifications TS 98 and a technical illumination study which is based on the C.I.E. (the International Committee for Illumination) recommendation 88/1990 or 2004.

Tunnel lighting systems are controlled from the relating management system by means of luminance meters installed in front of tunnel portals or manually from the lighting switchboard.

#### Accommodation lighting

The accommodation lighting of the tunnel is designed to illuminate transition zones in an about 300 – 350m long section at the tunnel entrance (viewed in the direction of traffic). This length corresponds to the ability of driver's eyes to adapt. The lighting is solved by means of two rows of counter beam, asymmetrical vacuum tube luminaires, which are installed under the ceiling, above traffic lanes. For bi-directional traffic, there is additional counter beam accommodation lighting above the fast traffic lane, at the end of the tunnel tube.

#### Interior tunnel lighting

The interior tunnel lighting is designed to illuminate the entire tunnel. It is installed on the tunnel central axis. The lighting is provided by counter beam, symmetrical vacuum tube luminaires, which are installed at uniform spacing. The interior tunnel lighting luminaires which are installed in SOS cabins, tunnel cross passages and the lay-by, are equipped with white light emitting halogen lamps. The object of the lighting is the entire adjacent section, not the particular equipment. These luminaires are not equipped with dimming ballast; they provide the light throughout a day, at the full luminous power (see Fig. 3).

The interior tunnel lighting is supplied with power from the tunnel cross passages, within the framework of individual disconnectable sections, from the uninterruptible power source.

#### Emergency tunnel escape lighting

The emergency tunnel lighting system consists of LED fixtures, which are installed in niches in the side walls of the tunnel tubes, at a height of 0.9m above the walkway level, at 12m spacing. This lighting is fed from an independent RUPS uninterruptible power source.

#### Cross passage lighting

The lighting of cross passages is permanent, round-the-clock, from the RUPS uninterruptible power source. The lighting of the substations is by means of non-backed up fixtures controlled by switches, with additional two emergency lighting fixtures which are controlled by the management system and fed from the RUPS.

### Osvětlení propojek

Osvětlení propojek je trvalé 24 hodin ze zálohovaného bezvýmřkového zdroje RUPS. V rozvodnách je osvětlení řešeno pomocí nezálohovaných svítidel ovládaných vypínači doplněnými o dvě nouzová svítidla řízená pomocí RS a napájená přes RUPS.

### Venkovní osvětlení

Venkovní osvětlení je umístěno jak na vjezdu, tak i na výjezdu z tunelu. Venkovní osvětlení má shodnou funkci jako akomodační osvětlení v tunelu.

### Doplňková osvětlovací soustava

Doplňková osvětlovací soustava slouží pro nasvícení technických objektů ležících mimo dosah venkovního osvětlení a nasvětlení plochy pro zásah jednotek IZS (Integrovaného záchranného systému), obr. 4.

## ad 6) Vzduchotechnika

### Hlavní větrání tunelu – proudové ventilátory

Hlavní větrání tunelu zajišťuje provozní a požární větrání v dopravním prostoru tunelu pomocí proudových axiálních ventilátorů umístěných v tunelu. Koncepce větrání tunelu Klimkovice je navržena jako systém podélného větrání dvou jednosměrných dvoupruhových tunelů. Nucený přívod nebo odvod vzduchu je realizován skrze portály tunelu. Je zde osazeno 16 reverzních proudových ventilátorů.

### Větrání tunelových propojek

V každé propojce jsou umístěny dva axiální jednosměrné ventilátory a čtyři požární klapky.

### Větrání rozvoden v tunelu

Součástí objektu trafostanice je vzduchotechnická jednotka, která dopravuje čerstvý vzduch do prostoru pod kabelovou šachtou v propojce TS3. Dále vzduch pokračuje přes požární stěnové uzávěry do rozvoden L3 a P3. Současně z propojky TS3 je část čistého vzduchu dopravována ventilátorem do rozvoden umístěných v propojkách TS1, TS2, TS4, TS5, kde je stejně jako u TS 3 trvale udržován přetlak oproti ostatním částem tunelu.

### Větrání řídicí podústředny (PTO)

Součástí větrání PTO jsou dvě chladicí kazetové podstropní SPLIT jednotky, které zajišťují částečné cirkulační chlazení vzduchu v místnosti slaboproudu.

### Větrání trafostanice a rozvoden

Větrání je realizováno dvěma axiálními stěnovými ventilátory.

## ad 7) Vodní hospodářství

### Čerpací stanice požární vody a požární vodovod

Čerpací stanice zajišťuje dopravu vody v požadovaném množství a tlaku do trubního rozvodu v tunelu a je umístěna v objektu trafostanice. Provoz této ATS (automatické tlakové stanice) je automatický a autonomní. ŘS tunelu pouze monitoruje provozní a poruchové stavy.

Požární vodovod je veden od objektu trafostanice kabelovou chodbou a šachtou (obr. 5) do tunelové propojky č. 3 a odtud je vyveden do tunelu. Celý systém požárního vodovodu v tunelech je zaokružován a dimenzován na provozní tlak až 10 bar. Na vodovodu jsou zhruba po 100 m vysazeny požární hydranty.

## ZÁVĚR

Celé technologické vybavení, na jehož realizaci se velkou měrou podílela vedle Metrostavu, a. s. také firma Eltodo EG, a. s., prošlo před uvedením díla do zkušebního provozu řadou prohlídek, zkoušek a cvičení Integrovaného záchranného systému (IZS). Od prosince roku 2007 se prováděly technické prohlídky a individuální funkční zkoušky, které byly na konci února završeny komplexními funkčními zkouškami (KFZ) za účasti Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje (HZS MSK). V průběhu měsíce března roku 2008 byly realizovány požadavky HZS MSK plynoucí z KFZ a probíhala příprava na předání a převzetí díla. Provozní schopnost tunelu byla v rámci zkušebního provozu s vyloučením veřejnosti opětovně prověřena v polovině dubna taktickým cvičením IZS.

Dálniční tunel Klimkovice celkové délky 1077 m (tubus PTT) a 1088 m (tubus LTT) byl slavnostně otevřen 6. 5. 2008 spolu s navazujícími úseky dálnice D47 (budoucí D1) v délce 11,677 km, stavby 4707 Bílovec–Ostrava (Rudná).

VÍT STREJČEK, vit.strejcek@metrostav.cz,

DIPL.TECH. MICHAL ROBEK, michal.robek@metrostav.cz,

METROSTAV, a. s., divize 9,

ING. PETR ŠMÍDA, smidap@eltodo.cz, ELTODO EG, a. s.

Recenzoval: Doc. Ing. Juraj Spalek, Ph.D.

### Outdoor lighting

The outdoor lighting is installed both at the tunnel entrances and the tunnel exits. The outdoor lighting function is the same as that of the accommodation lighting inside the tunnel.

### Supplementary lighting system

The supplementary lighting system is designed to illuminate structures lying beyond the reach of the outdoor lighting and the mustering area for the units of the Integrated Rescue System (see Fig. 4).

## ad 6) Ventilation

### The main tunnel ventilation – the jet fans

The main ventilation system of the tunnel provides the operating and fire ventilation in the roadway space by means of axial jet fans installed in the tunnel. The Klimkovice tunnel ventilation concept is designed as system of longitudinal ventilation of two unidirectional double-lane tunnel tubes. Forced supply or exhaust of air is through tunnel portals. There are 16 reversible jet fans installed in the tunnel.

### Ventilation of tunnel cross passages

There are two unidirectional axial fans and four fire dampers in each cross passage.

### Ventilation of substations in the tunnel

Part of the transformer station structure is a ventilation unit supplying fresh air to the space under the cable shaft in the cross passage TS3. The air then proceeds through fire shutters installed in the walls to the L3 and P3 substations. Concurrently, a portion of the fresh air is supplied from the cross passage TS3 to the substations located in the cross passages TS1, TS2, TS4 and TS5, where permanent positive pressure, compared with the other parts of the tunnel, is maintained similarly to the pressure in TS3.

### Ventilation of the subsidiary management centre (the TUB)

Part of the TUB ventilation are two ceiling cassette cooling Split System units, which provide partial cooling of the air in the low voltage switchboard room.

### Ventilation of the transformer station and substations

The ventilation is provided by two axial wall fans.

## ad 7) Water management

### Fire water pumping station and fire main

The pumping station, which is located in the transformer station structure, provides the transport of water in the required amount and pressure to the fire piping system in the tunnel. The operation of this air-chamber pumping station (boosting plant) is automatic and autonomous. The tunnel management system only monitors the operating and failure states.

The fire main runs from the transformer station room, through the cable corridor and cable shaft (see Fig. 5) to the tunnel cross passage #3 and from the passage leads to the tunnel. The whole fire main system forms a circuit and is calculated for the operating pressure of up to 10 bar. There are fire hydrants on the water main, roughly every 100m.

## CONCLUSION

All tunnel equipment, which was installed by Metrostav a.s. in close collaboration with Eltodo EG, a.s., had passed through numerous inspections, tests and exercises of the Integrated Rescue System (IRS) units before the commissioning could start. Engineering examinations and individual operation tests were conducted from the end of December 2007. They ended by Comprehensive Operation Tests (COT), which were carried out in the presence of the Fire Rescue Brigade of the Moravian-Silesian Region (FRB MSR). During March 2008, the requirements of the FRB MSR following from the COT were fulfilled and the works were being prepared for the final acceptance. The tunnel readiness for operation was repeatedly checked in the middle of April 2008, during the commissioning period, with the public excluded, by means of a tactical exercise of the IRS.

The Klimkovice motorway tunnel, with the total lengths of the RTT and LTT of 1077m and 1088m respectively, was inaugurated on 6th May 2008, together with the adjacent 11.677km long stretches of the D47 motorway (the future D1) of construction lot 4707 Bílovec – Ostrava (Rudná).

VÍT STREJČEK, vit.strejcek@metrostav.cz,

DIPL.TECH. MICHAL ROBEK, michal.robek@metrostav.cz,

METROSTAV, a. s., divize 9,

ING. PETR ŠMÍDA, smidap@eltodo.cz, ELTODO EG, a. s.

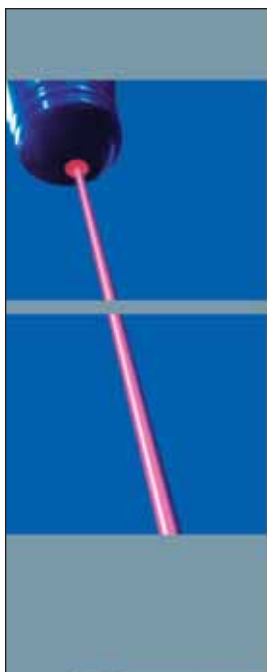
# Bezpečný tunel s bezpečnou energií



**Phoenix-Zeppelin, spol. s r.o.**  
Energetické systémy  
Lipová 72  
251 70 Modletice

Tel.: 266 015 331  
Fax: 266 015 370  
Mail: [motory@p-z.cz](mailto:motory@p-z.cz)  
[www.p-z.cz/motory](http://www.p-z.cz/motory)

**PHOENIX  
ZEPPELIN** **CAT**



**FibroLaser™:**  
rychlá lokalizace požáru –  
spolehlivá ochrana  
V tunelech, garážích a kabelových kanálech.

Pokud v tunelech, garážích, kabelových kanálech nebo na dopravníkových pásech vypukne požár, je třeba rychle reagovat. Je nutné chránit zdraví a životy lidí, minimalizovat rozsah materiálních škod a zabránit finančním ztrátám způsobených dlouhým výpadkem provozu. Společnost Siemens nabízí moderní řešení - detekční systém FibroLaser™, který se osvědčuje v rychle narůstajícím počtu aplikací po celém světě.

Více informací je k dispozici na internetové adrese [www.siemens.com/fibroLaser](http://www.siemens.com/fibroLaser).

Answers for infrastructure.

**SIEMENS**