

# НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РИМСКОЙ ПОДЗЕМКИ

Во время одного из визитов в Рим мне удалось побывать в офисе известной государственной компании Roma metropolitana и встретиться с ее руководством. В ходе брифинга, организованного специально для журнала «Подземные горизонты», с презентациями выступили президент компании и ее генеральный директор Паоло Омодео Сале, технический директор Луиджи Наполи, руководитель проекта «Линия С» Андреа Скотти, делегированный управляющий и технический директор компании «Метро С» Фабио Джанелли.

Пользуясь случаем, я попросила синьора Паоло Омодео Сале ответить на вопросы нашего издания.

— Синьор Сале, представьте, пожалуйста, компанию, которую вы возглавляете. Какие функции она выполняет?

— Roma metropolitana — это государственная компания-заказчик муниципалитета Рима, основными функциями которой является проектирование и строительство новых линий римского метро и техническое обслуживание уже существующих. На сегодняшний день компания насчитывает 170 сотрудников.

Общий бюджет, которым распоряжается Roma metropolitana, составляет около 9 млрд евро. 3 млрд из этого бюджета расходуется на строительство третьей ветки римского метро — линии С, которая частично уже находится в эксплуатации (поезда курсируют от конечной остановки на востоке города до центра). Для того чтобы полностью ввести в строй линию С, нам понадобятся еще около 1–1,5 млрд евро на проектные и строительные работы. Точное количество финансовых

вложений будет определено только после завершения проектной стадии. Строительство осуществляется группой компаний, в которую входит, в том числе, такая крупная корпорация, как Astaldi. Помимо нее, для реализации строительных проектов Roma metropolitana взаимодействует еще с целым рядом подрядных организаций.

Управление же движением поездов, в том числе коммерческая деятельность, не входит в наши обязанности. Все управление городским транспортом Рима осуществляет компания ATAC.

Если говорить о линии С, финансирование проекта поделено между тремя бюджетами: республиканским — 70%, региональным (регион Лацио) — 12% и городским — 18%. Очевидно, что самая большая часть расходов легла на министерство транспорта и инфраструктуры, то есть на правительство.

Таким образом, Столица Рим (административное название Рима — Roma Capitale. — Прим. ред.), аккумулирует у себя денежные средства из трех бюджетов и направляет их на финансирование Roma metropolitana,

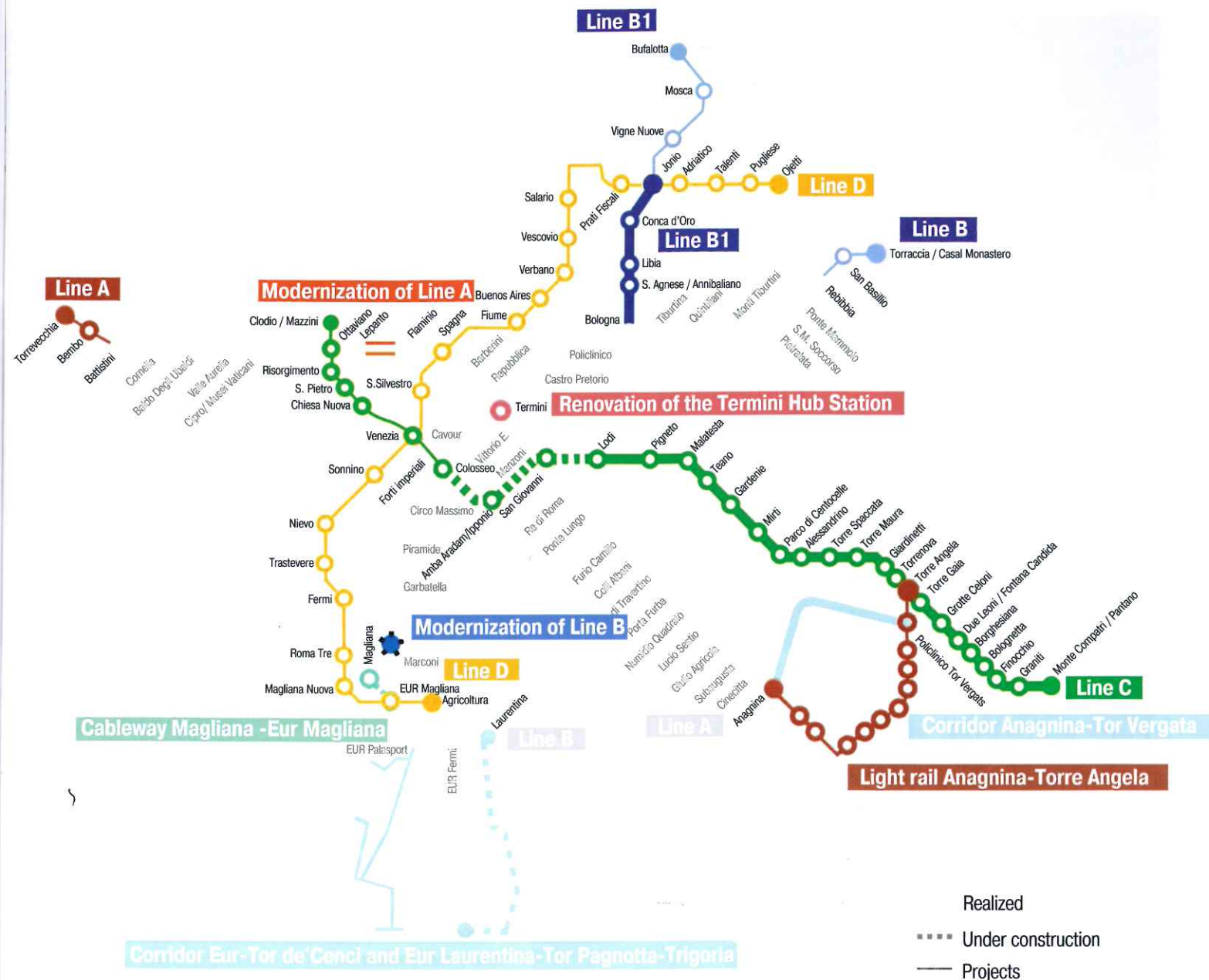


Рис. 1. Схема римского метрополитена с указанием строящихся и перспективных станций

то есть своей собственной компании, которая для выполнения работ нанимает подрядчиков. Их совместная деятельность координируется и управляется генеральным подрядчиком Metro C S.p.A., куда входят пять крупнейших фирм: Astaldi S.p.A., Vianini Lavori S.p.A., Ansaldo STS (a Hitachi Group company), CMB (Cooperativa Muratori e Braccianti di Carpi), CCC (Consorzio Cooperative Costruzioni). В функции генерального подрядчика входит разработка рабочего проекта и генерального плана, их реализация и контроль над проведением работ. Общий надзор за строительством выполняет Roma Metropolitana. После сдачи в эксплуатацию объект перейдет в собственность администрации города и будет передан в управление ATAC.

— Как распределяются доходы от эксплуатации метрополитена?

— Продажа билетов на ряде видов общественного транспорта — линиях метро, в автобусах и на город-

ских железных дорогах — находится в ведении ATAC, на пригородных автобусах эту функцию осуществляет COTRAL, на региональных железных дорогах — FS. Все они интегрированы в единую систему Metrebus. Доходы от продажи билетов поступают в ATAC, а затем распределяются среди управляющих предприятий в соответствии с заранее установленными параметрами.

— Каковы особенности строительства метро в Риме?

— Рим, прежде всего, — это город, недра которого скрывают величайшее археологическое наследие. На протяжении двух тысяч лет, начиная с самого зарождения Римской империи и до образования республики, эта земля была густо заселена. На территории античных городов, руины которых располагаются одни под другими в разных культурных слоях, проживало около 1,5 млн человек. И если прокладка тоннеля ведется ниже залегания культурных слоев, то при сооружении шахт





Рис. 2. Строительство ведется в стесненных условиях

Рис. 3. Артефакты, найденные при проведении археологических раскопок

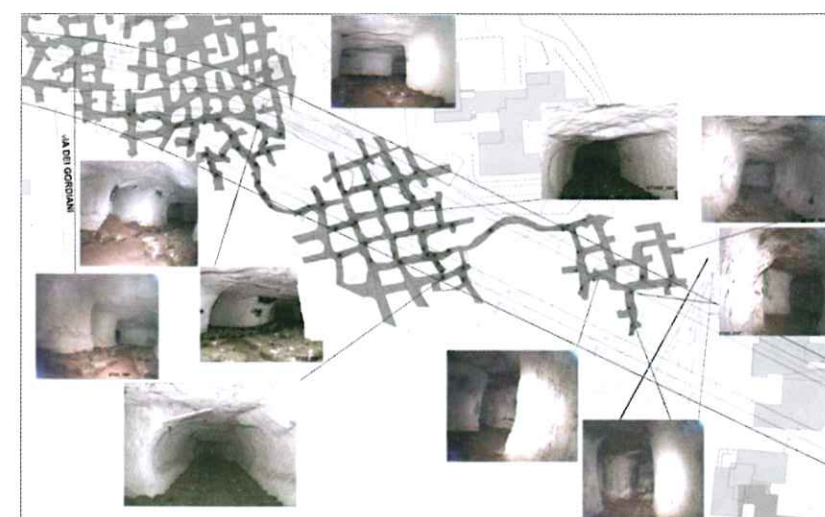


Рис. 4. Подземные ходы, прорытые во времена Римской империи

избежать пересечения грунтов, которые хранят остатки древних цивилизаций, невозможно. В ходе инженерных изысканий строительства мы выполняем послойное рентгенологическое исследование (stratigrafia), которое позволяет нам обнаруживать все артефакты. Каждая археологическая находка приводит к остановке рабочего процесса. В этой связи определить точную дату окончания строительства не представляется возможным. Очевидно, что наши работы проводятся в особой, нестандартной обстановке. Помимо этого, мы вынуждены разворачивать стройплощадки в невероятно густонаселенных и оживленных частях города. Например, когда машина на станции «Сан Джованни» сооружала диафрагмы в грунте, крюк крана повисал настолько близко к зданию, что с балкона до него можно было дотянуться рукой.

Другая особенность — это римские грунты, которые состоят из очень неоднородных слоев, осадочных залежей. Это создает много проблем при проведении земляных работ. Нельзя не упомянуть и еще об одной особенности. Дело в том, что подземное пространство города изрезано многочисленными сетями подземных ходов, которые были прорыты в древнем Риме.

**— Как менялись подходы к строительству метро с течением времени?**

— В 1950-е годы, когда велось строительство первых станций метрополитена, технология еще не позволяла прокладывать тоннели в глубоких слоях грунта ввиду его слабости и обводненности, и их прокладывали очень близко к поверхности земли с одновременным укреплением зданий и сооружений, составляющих археологическое наследие. В 1970–1980-е гг. проходка велась уже с использованием тоннелепроходческого комплекса. В 1990-х годах тоннелепроходческие щиты становятся более современными, появился гидрощит с глубинометром.

Следует отметить, что со временем значительно поменялось и отношение к вопросу охраны археологических ценностей. В настоящее время специальные ведомства предписывают вести прокладку тоннелей на глубине не выше 24 м, то есть ниже культурно-исторического слоя. Однако строительство станций требует устройства шахт, и избежать проникновения в культурно-исторический слой невозможно. Раньше, при строительстве линии А, правила охраны культурного наследия позволяли внедряться в археологический слой и убирать оттуда все ценные находки. Их фотогра-

фировали, чтобы зафиксировать все детали, снимали на кинолентку, чтобы можно было потом воссоздать картину, после чего находки подвергались уничтожению, а выработка грунта в этой зоне продолжалась. Теперь такое невозможно. Работы останавливают, археологи тщательно изучают археологические находки, после чего их консервируют.

Как известно, исторический центр Рима входит в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО. Чтобы изучить влияние на исторические здания и сооружения происходящих в грунте в ходе строительства метро процессов, был основан научно-технический комитет. Он проводит исследования в различных областях: геология, мониторинг, геотехника, инженерия и другие. Так, были выполнены предварительные геологические исследования рядом с Колизеем и другими историческими постройками. Также проведены топографические исследования, исследования текущего состояния структурных характеристик материалов. Проведен и числовой анализ данных.

**— Какой объем работ на линии С уже выполнен? В чем ее отличие от линий А и В?**

— В 2014 году, начиная с конечной станции Пантано, мы открыли первые 13,5 км линии С с пятнадцатью станциями. В 2015-м сдали в эксплуатацию следующий участок, и сейчас в стадии строительства находится третий, центральный, участок ТЗ, проходящий через исторический центр. Это самый сложный отрезок римской подземки, что неудивительно — грунт здесь буквально нашпигован археологическими ценностями и артефактами.

Линия С строится в соответствии с самыми современными стандартами, с применением передовых технологий. Ее протяженность в совокупности от конечной станции «Пантано» до конечной станции «Клаудио Маццини» составляет 25,5 км, ветка имеет 39 станций и обслуживается тридцатью поездами. Длина поездов — по 108 м, они могут перевозить до 1200 человек. Пропускная способность линии составляет 24 тыс. пассажиров в час в каждом направлении.

Линия С полностью автоматизирована, имеет единый центр управления. Перрон отделен от пути следования поездов стенкой с раздвижными автоматическими дверями, поезда тоже оснащены автоматикой и осуществляют движение без машиниста.

Предусмотренная частота движения поездов — 3 минуты, хотя система может задавать и более короткий интервал, до 90 секунд. В стадии проектирования находится следующий участок — Т2.

Из-за неопределенности с финансированием мы до настоящего времени не имеем четкого обозначенного заказа со стороны государства: сколько станций — 3, 5 или 7 — мы еще должны построить на этом этапе...

**От станции к станции**

В настоящее время ведется активная работа по сооружению станции пересадки «Сан Джованни», которая соединит линии А и С. Именно эта станция будет следующей из тех, которые предстоит открыть.

Строительство станции «Сан Джованни», а также станций «Императорский форум», «Венеция» и других, расположенных в историческом центре города, явилось



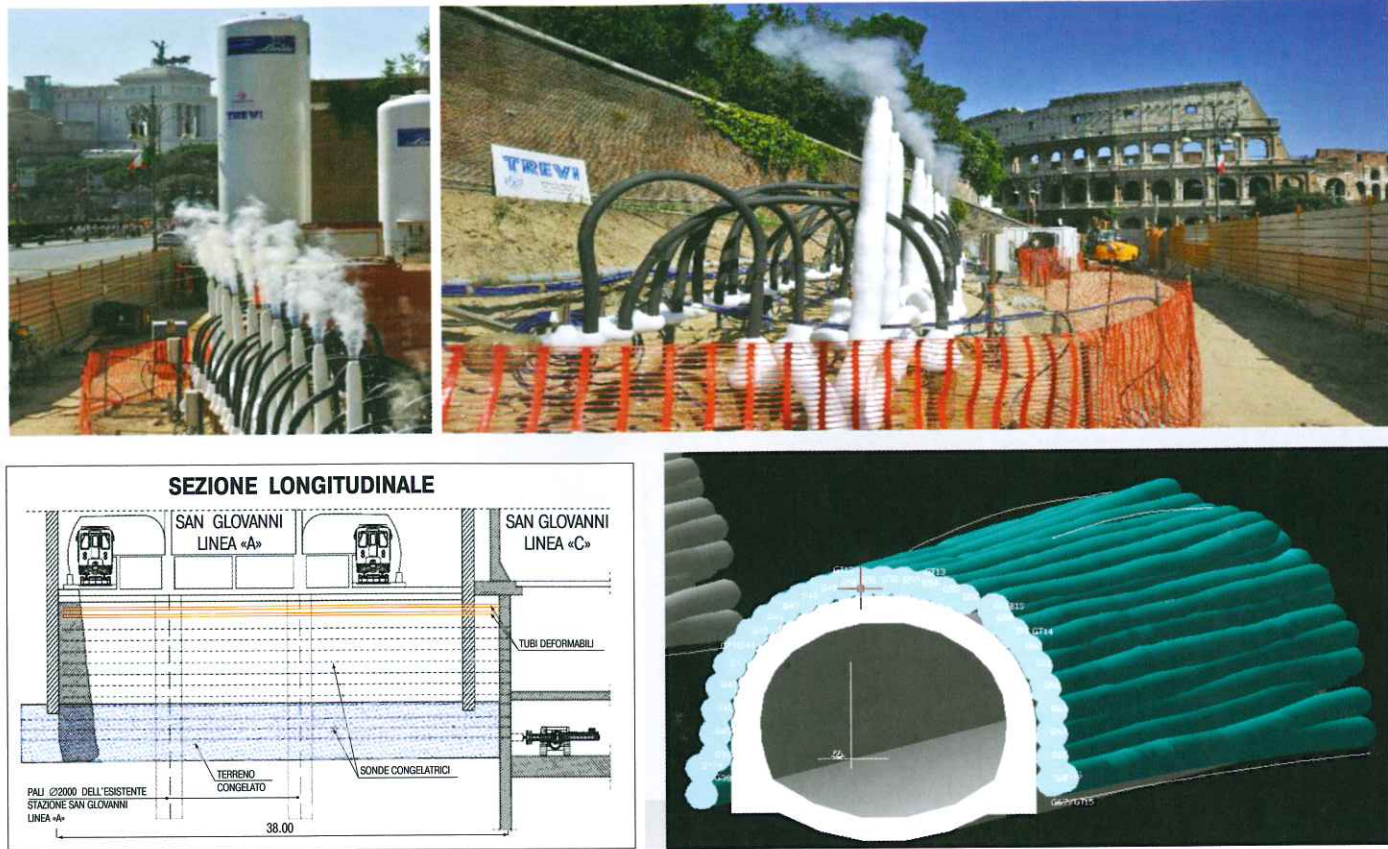


Рис. 6. Замораживание грунта

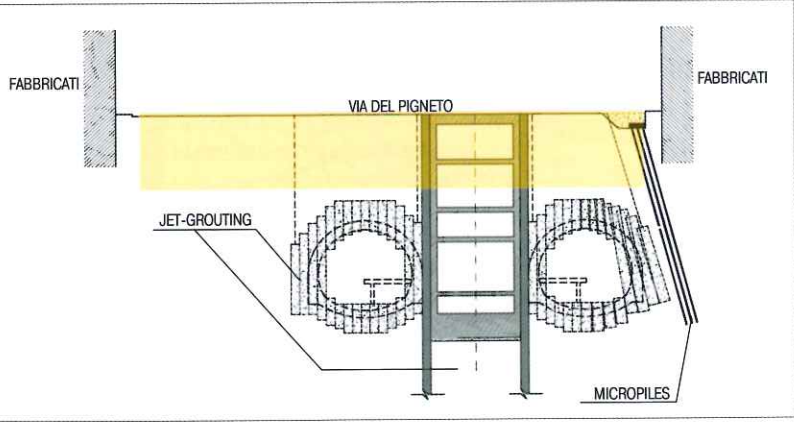


Рис. 7. Технические решения, предохраняющие археологические памятники от разрушения

причиной проведения самых крупных в истории Рима археологических исследований. В этой связи к проведению инженерных изысканий был подключен и Национальный археологический комитет. Весь археологический слой раскапывается в тесном взаимодействии с археологами. Таким образом, на нескольких квадратных метрах земли работает целая группа людей, работы выполняются вручную или с применением мини-техники. Конечно, это серьезно замедляет процесс, в то время как объем раскопок колоссален: они проводятся на всей площади будущих станций, на полную глубину культурного слоя, которая в некоторых местах достигает 20 м. В целях максимальной сохранности культурного слоя все внедрения в него должны производиться в направлении снизу вверх, то есть из тоннелей.

Стандартные мероприятия по укреплению грунтов (Jet Grouting) нельзя применять на участках, содержа-

щих большое количество артефактов, поэтому проектировщики предложили альтернативные технологии. На станции «Сан Джованни» был применен метод «стена в грунте». Раскопки были выполнены по периметру железобетонных стенок, утопленных в грунт. Возведение «стены в грунте» происходило в двух фазах, включавших в себя разработку траншеи под защитой бентонитового раствора и замену последнего на железобетон. При этом использовалось оборудование BAUER Trench Cutter, позволяющее достичь больших глубин без вертикального отклонения. Например, на станции «Тиано» глубина траншеи доходила до 60 м.

Тоннели здесь проложены с помощью механизированного тоннелепроходческого комплекса Herrenknecht диаметром 6,71 м, один поверх другого.

Другая технология, использованная строителями метрополитена — метод замораживания грунта (Ground Freezing). Кроме этого, применялась компенсационная цементация (Compensation Grouting) для нивелирования возможных осадок по ходу продвижения ТПМК: плоский домкрат устанавливался в пространстве между замороженным грунтом и существующим зданием, что позволяло приподнимать грунт и нагнетать цементный раствор в образовавшиеся полости.

В некоторых случаях внутреннее пространство станции образуется путем расширения тоннелей. Для его устройства используются традиционные полумеханизированные методы, без применения щита. Так, например, станция «Императорский форум» будет построена именно таким способом.

В связи с тем, что в непосредственной близости от Колизея предстоит проложить два тоннеля, был

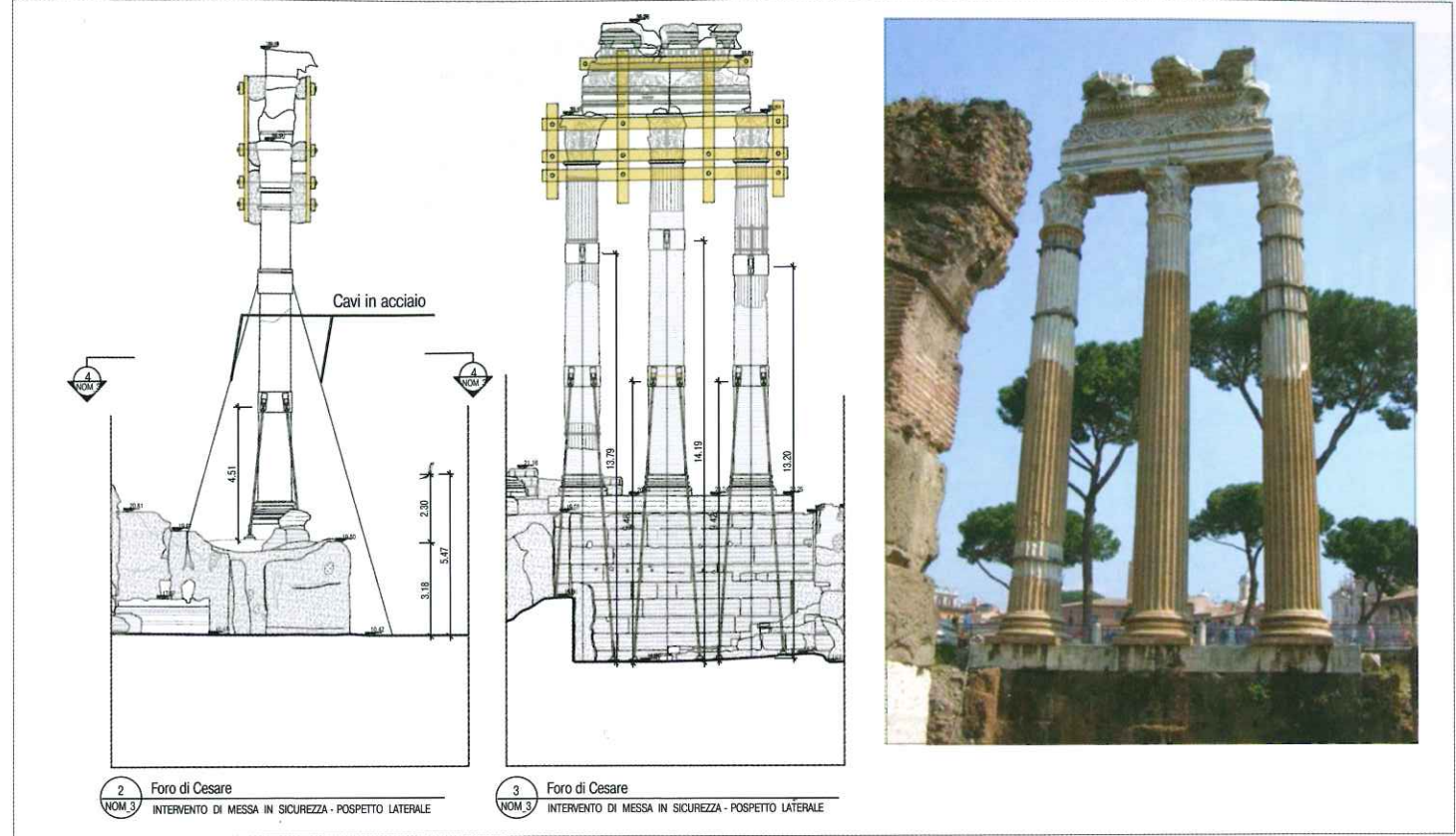


Рис. 8. Укрепление исторических памятников

проведен структурный анализ материалов, который позволил выявить последующее влияние работ на объекты культурно-исторического наследия.

На основании этих исследований для целого ряда построек была установлена необходимость проведения мероприятий по защите от разрушения. Одни из предложенных мер — временные, другие — постоянные. Ряд конструкций, поддерживающих здания и сооружения, будет демонтирован после окончания строительных работ. Например, на рис. 9 показано, как строители укрепили временными подпорками древнюю базилику Максенция.

Все здания и исторические памятники подвергаются ежеминутному мониторингу. Данные с датчиков поступают в единую систему, которая в режиме реального времени осуществляет контроль над состоянием объектов и возможными воздействиями на них.

Сегодня на центральном участке Т3 ведется только строительство станций, прокладка же тоннелей начнется в конце 2017 года.

**Экскурсия на линию С**

В ходе встречи в Roma metropolitana я получила приглашение посетить одну из строящихся станций метро — «Сан Джованни». Путь до стройплощадки недолгий, всего несколько минут на машине, и — вот я уже облачаюсь в соответствующую случаю экипировку, и мы вместе с инженером Фабио Джанелли и двумя представителями службы заказчика, техническим директором Луиджи Наполи и руководителем проекта «Линия С» Андреа Скотти, спускаемся по узкой временной лестнице



Рис. 9. Базилика Максенция



Рис. 10. Мониторинг исторических объектов





Рис. 11. Строительство станции «Императорский форум»

на 18-метровую глубину. Все пространство станции окружено бетонными стенами, через шахту проглядывает небо.

Спутники обращают мое внимание на установку для замораживания снизу, с системой подачи льда. Заморозка грунта уже закончена, поэтому оборудование разобрано. В стене все еще видны следы от бурения отверстий для подачи замораживающей смеси. «Перед тем как заморозить грунт, мы укрепили его цементом. Это сделано для того, чтобы избежать нежелательных последствий в случае возможной избыточной заморозки», — поясняет Фабио Джанелли.

Слои грунта, которые располагаются под тоннелем — камерой, образующей пространство станции, — более обводнены, чем все остальные, а значит, они представляют больше проблем для земляных работ. Именно

поэтому основная заморозка грунта выполнялась снизу. Она производилась с помощью жидкого азота и известково-соляного раствора, а поддерживалась температура раствором соли и хлористого кальция.

Вокруг тоннеля строители должны наморозить грунт в виде прилегающих друг к другу цилиндров диаметром 3 м.

Помимо активной заморозки, для улучшения гидроизоляции применяется еще и геомембрана, проложенная под нижним сводом этого тоннеля.

Сейчас выполняется укрепление свода и передней части лба забоя. Таким образом создается своеобразный тампон, некое подобие пробки, препятствующей проникновению влаги внутрь. Далее этот тоннель соединится со вторым, путем ввода одного в другой. Когда машина Microtunnelling достигнет стены в грунте, она будет разобрана, а тоннель расширят до проектных характеристик.

На станции принято решение организовать небольшую выставочную зону, экспонатами которой станут артефакты, найденные в ходе строительства. Во время раскопок здесь также было обнаружено самое большое водохранилище времен Римской империи — построенный рабами огромный резервуар для воды. Он хорошо сохранился до наших дней под руинами последующих цивилизаций. Отдельный элемент этого



Рис. 12. Автоматические двери на станции линии С

древнейшего сооружения также будет представлен в выставочной зоне.

Далее мы следуем на конечную станцию действующего участка линии С, и мне предоставляется возможность промчатся по двухпутному тоннелю новой ветки, оценить точность и четкость работы автоматики. Когда-то здесь работали два тоннелепроходческих комплекса, потом их демонтировали и с помощью подъемного крана извлекли на поверхность. Самой большой проблемой оказалась перевозка частей ТПК с этого места на другую стройку, так как они имели очень большой вес. Отдельные дороги, по которым перевозили ТПК, имеют еще древнее основание, поэтому щиты были разобраны на самые мелкие составные части. Сейчас эти 800-тонные машины в разобранном виде находятся на другой стройплощадке и ждут своего часа. После необходимой ревизии их снова соберут для прокладки других тоннелей. Но это случится только в 2017 году...

Рис. 13. В ходе технической экскурсии



*During one of my trips to Rome I had the opportunity to visit the office of a well-known municipal company "Roma Metropolitana" and to meet the company's management. During the briefing given for the review "Underground Horizons" presentations were made by President of the company and its CEO Mr. Paolo Omodeo Salè, Technical Director Mr. Luigi Napoli, Head of the project "Line C" Mr. Andrea Sciotti and appointed managing and technical director of the private company "Metro C" Mr. Fabio Giannelli.*

## LATEST TECHNOLOGIES USED IN ROME METRO CONSTRUCTION

Taking this opportunity, I asked Mr. Paolo Omodeo Salè to answer some questions for our title.

**Mr. Salè, can you please introduce the company that you are managing? What functions does it perform?**

"Roma Metropolitana" is a public company, the customer of Rome's municipality whose main function is design and construction of new lines of Rome's Metro and maintenance of the existing ones. Today the company staff totals 170.

The total budget managed by "Roma Metropolitana" amounts to 9 billion euros. Three billion from this budget are spent for the construction of the third line of Rome's metro — the line C, already in operation from the eastern terminus to the center. To complete the construction of the Line C and to put the entire line into operation we will need another 1–1.5 billion euros to be spent for design and construction works. The exact amount will be determined only after completion of the design stage. The construction is carried out by a group of companies with one of its members being a major construction corporation, Astaldi. Apart from this, in order to implement construction projects the "Roma Metropolitana"

interacts with a variety of external companies. As far as it concerns train operation, here included also commercial activities, it does not come within our responsibilities. All public transportation in Rome is centrally managed by urban transport company ATAC.

In regards to the line C, the project funding is divided between the three budgets — 70% of financing comes from Italian budget, 12% account for the regional share (Lazio province) and the remaining 18% are allocated by the city of Rome. It is evident that the biggest part of the cost fall on the shoulders of Ministry of Transport and Infrastructure, or in other words it will be borne by the government.

Thus, the capital of Rome (the official name of Rome is Roma Capitale, — ed.), accumulates funds of the three budgets and transfers them for financing of "Roma Metropolitana", that is, for its own company which employs the General Contractor "Metro C S.c.p.A." to carry out works. Metro C includes five major companies: Astaldi S.p.A., Vianini Lavori S.p.A., Ansaldo STS (a Hitachi Group company), CMB (Cooperativa Muratori e Braccianti di Carpi), CCC (Consorzio Cooperative Costruzioni), that have

Regina Fomina



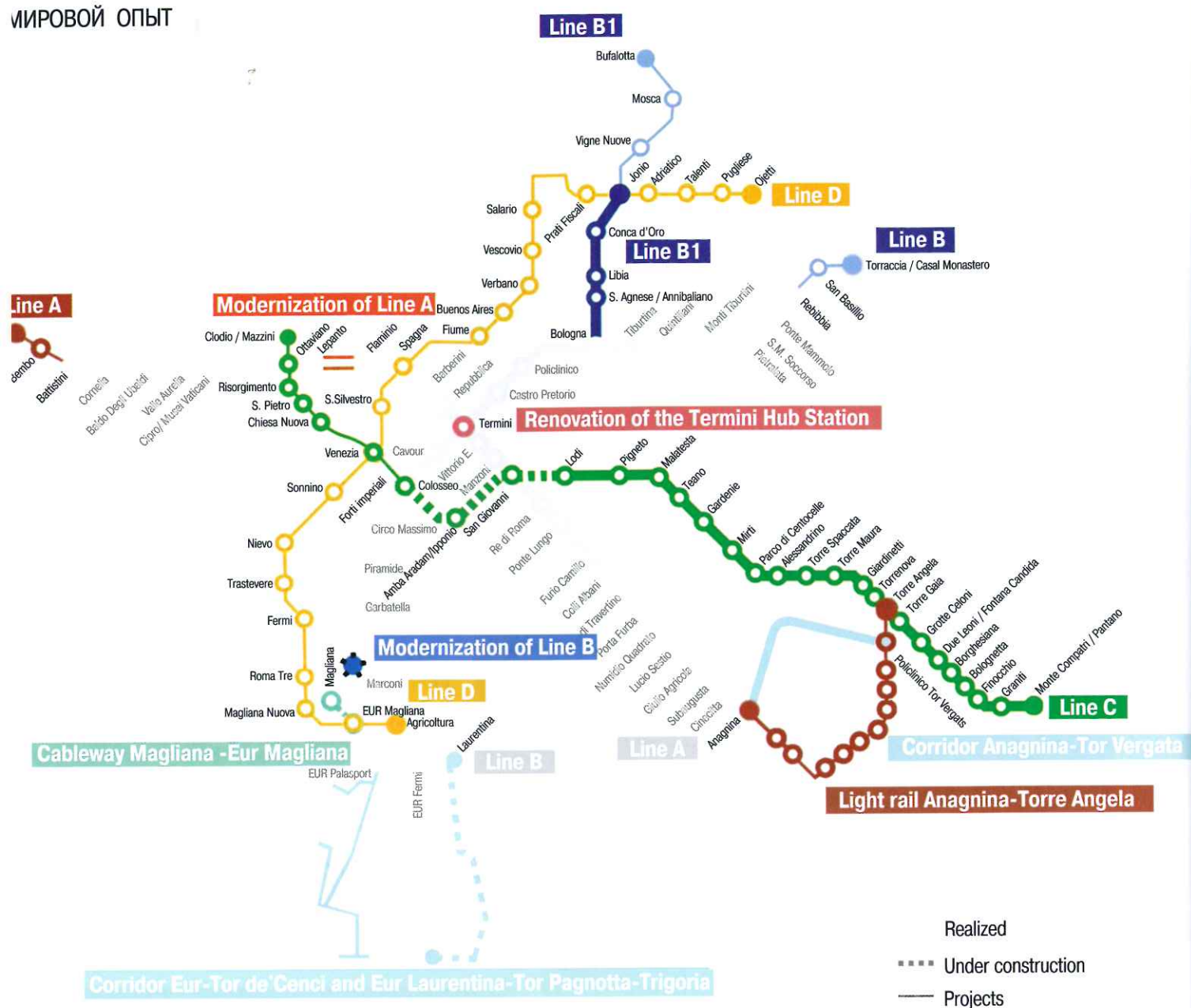


Fig. 1. Roma Metropolitana's activities

signed contracts for implementation of this project. General Contractor's activities include development of the detailed design and master plan as well as implementation of them two, and control over performance of works. The General Supervision of the works is up to Roma Metropolitana. After the facility is commissioned it will be owned by the city administration and then transferred under the ATAC management.

**How does the revenue from Rome metro operation get split?**

There is a rather sophisticated revenue management system developed for this purpose. The tickets of several public transport services – metro lines, bus service and urban railways managed by ATAC, suburban bus services managed by COTRAL, regional railways managed by FS — are integrated in a single system called "Metrebus". All operations regarding the proceeds from the sale of tickets are managed by ATAC, then the collected funds are distributed among all operators in accordance with pre-established parameters.

**What are particular characteristics of Rome metro construction?**

Rome above all is a city whose subsurface conceal greatest archaeological heritage. For more than two thousand years, since the dawn of the Roman Empire and up to the rise of the Italian Republic, these lands were densely populated and continuously occupied. About 1.5 million people inhabited ancient cities the ruins of which are located one above other laying in different superimposed cultural strata. This means that if the tunnel shall run beneath the cultural strata then it would be impossible to avoid intersection of soils that hold remains of ancient civilizations when driving shafts for the tunnels. Accurate field surveys preceding the tunnel construction are always accompanied by archaeological x-ray stratigraphic analysis which allows us to detect all artifacts. Each archaeological discovery entails the work stoppage. In view of these circumstances, it is not possible to specify the exact construction completion date.

It is clear that our works have to be carried out in a very special, non-standard environment. In addition, we have to



Fig. 2. During the construction of the Line B

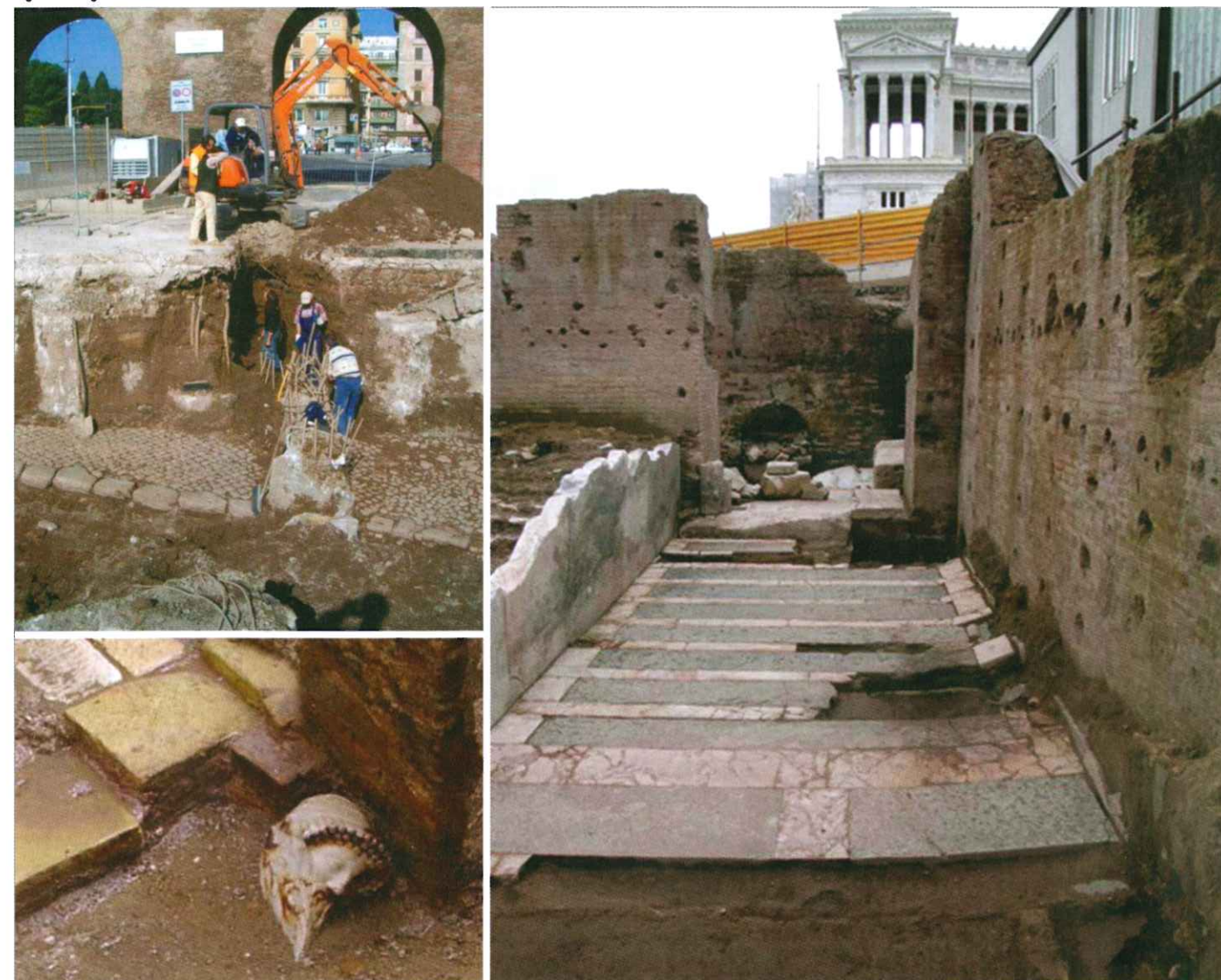


Fig. 3. Archeological finds in the time of the construction of the Line C



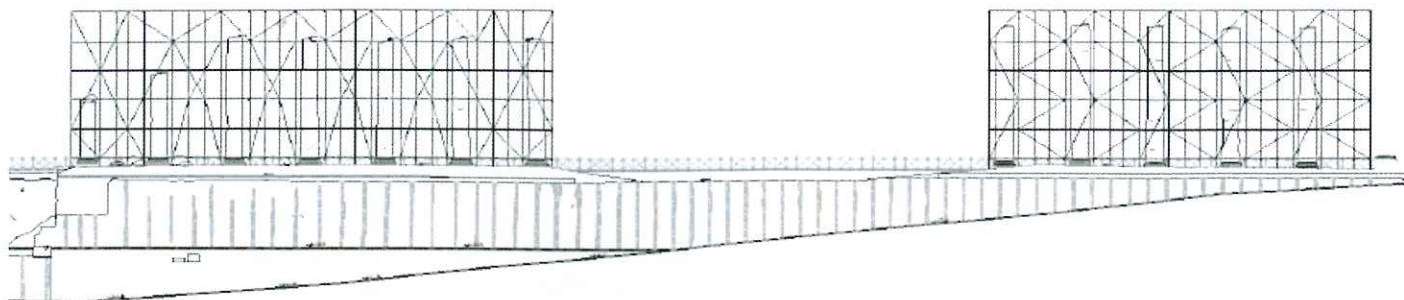
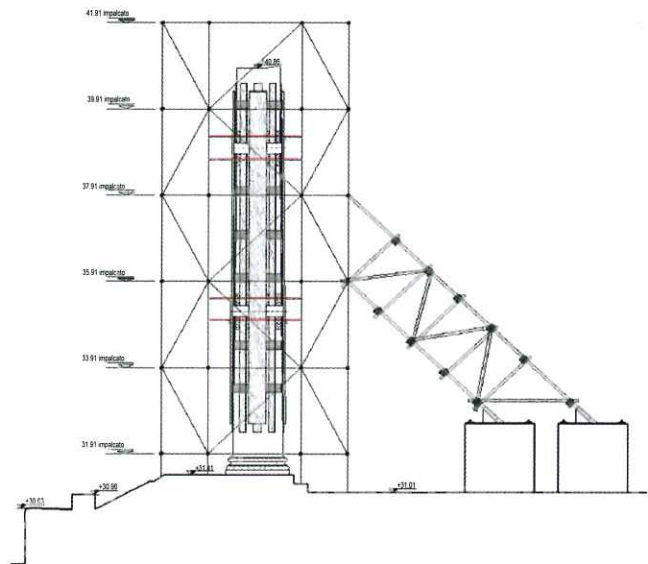


Fig. 4. Historical and monumental structures: the protection



cultural and historical significance. However, construction of stations cannot be fulfilled without shafts, which means that we can't avoid penetration in these strata. Previously, in times when we constructed the line A, the regulations regarding protection of cultural heritage allowed to penetrate an archaeological stratum and remove all valuable finds from it. The procedure required taking photos in order to capture all the details; everything was filmed so that later the original picture could be built up; then the finds were destroyed, and excavation continued, but now it's impossible! Works are stopped, archaeologists carefully study archaeological findings, after which these findings are preserved.

As is known, the historic center of Rome is on UNESCO World Heritage List. To study the impact of tunneling on historic buildings and structures, a special research and technical committee was established. This committee conducts research in a variety of areas: geology, monitoring, geotechnical engineering and others. Thus, there was a series of preliminary geological studies conducted in the area of Colosseum and other historical buildings. In the same way a number of topographical surveys were carried out, as well as the study of the current state of structural parameters of the materials. They were followed by analysis of numerical data.

**What amount of work has been already completed on the line C? In which way does it differ from the lines A and B?**

In 2014, starting from the terminal station Pantano, we opened first 13.5 kilometers of the line C consisting of fifteen stations. In 2015 we put into operation the next stretch, and

currently the third section is under construction; this third section called T3 passes through historic center of Rome. It is the most complicated segment of the Rome metro, and it is not surprising — the ground here is literally packed with archaeological treasures and artifacts.

The Line C is being constructed to the highest modern professional standards, with the use of advanced technologies. Its total length starting from terminal station Pantano and up to other terminal station Claudio Mazzini amounts to 25.5 kilometers; it has 39 stations and is served by 30 trains. The length of the trains is 108 meters, and they can carry up to 1,200 people. The line capacity is 24,000 passengers per hour per direction.

The line C is a fully automated line having a single control center. The platform is separated from the track by sliding automatic doors, the trains are also equipped with automatic train operation system and are driverless. The envisaged inter-trains interval is 3 minutes, although the system can be set differently and specify a shorter interval, down to 90 seconds.

The next line section T2 is also under the design stage.

Due to the uncertainty of funding, we until now do not have a clearly defined government order that would state the exact number stations — 3, 5 or 7 that we will have to build at this stage...

**From station to station**

Currently an active work on construction of the interchange station "San Giovanni" is underway; this station will connect the lines A and C. Exactly this station is next to be put in operation.

Construction of the "San Giovanni" station, as well as of stations "Fori Imperiali", "Venezia" and others located in the historic center of the city, gave rise to archaeological research, the largest in the history of Rome. For this reason National Archaeological Committee was involved in engineering survey. Each excavated archaeological layer is dug in close cooperation with archaeologists, and so on a few square meters of land an entire team of people is operating, the work is performed manually or using mini technique. Of course, this slows down the process considerably, while the volume of excavation is enormous: the works are carried throughout the whole area of future stations to the full depth of the cultural layer, which in some areas is as thick as 20 meters.

Since the standard massive interventions of consolidation of the soil from the ground level (Jet Grouting) are not executable in the archaeologically rich areas, the designers put forward alternative methods. For stations like San Giovanni the excavation is done inside the perimeter bounded by very deep diaphragm walls of reinforced concrete, driven into the "natural soil". The construction of diaphragm walls using BAUER Trench Cutter system (in two phases: excavation under bentonite slurry to stabilize the trench, then replacement of the slurry with reinforced concrete) allows to reach great depths without vertical deviations. For example, in Teano station the diaphragm walls were built to a depth of 60 m.

The tunnels here are built by mechanized Tunnel Boring Machine (TBM) Herrenknecht, diameter 6.71 m.



Fig. 5. The reinforcement of Basilica of Maxentius



Fig. 6. City of Rome — Impact of the works

Another technique used by metro builders is the Ground Freezing Method, thanks to which the ground around the tunnel is stabilized.

In addition, Compensation Grouting is used to compensate the possible ground settlements during the advancement of the TBMs: a device called flat jack is installed into the space between the frozen ground and the existing building on the surface. This device is similar to a well-known jack, and it allows to lift the ground and to fill cavities formed by tunnel excavation with cement mortar.

In some cases the inner space of a station is formed by enlarging the excavated tunnel. It can be made by semi-mechanized traditional methods, without tunnel boring



machines. As an example, the station "Fori Imperiali" will be built with this technology.

Considering that the two twin tunnels will have to be built in the immediate vicinity of Colosseum, a structural analysis of materials was carried out which allowed to evaluate a possible impact of tunnel excavation on cultural and historical heritage.

Based on these studies, a number of buildings were marked as structures needed to be protected from destruction. Some of the proposed measures are of temporary nature, so that the supporting structures will be dismantled after completion of construction works, while other reinforcing structures are permanent. As an example, the Fig.5 shows how builders have reinforced ancient Cathedral Basilica Maxentius with temporary props.

All buildings and historical monuments are monitored on a continuous basis; the data received from sensors are fed into a single unified system that supports real-time control over the state of monitored items and over possible impact on them.

Currently on the T3 central stretch only metro stations are being built; the tunneling works will start only at the end of 2017.

### A tour to the line C

In the course of the meeting in the "Roma Metropolitana" office I received an invitation to visit one of metro stations currently under construction, and namely, the station San Giovanni. The way to the construction site is rather short, it only takes a few minutes to get there by car, so I do not waste any time and put on an appropriate clothing suitable



Fig.7. Technical Director of the company "Roma Metropolitana" Mr. Luigi Napoli, Head of the project "Line C" Mr. Andrea Sciotti and editor-in-chief of the magazine Regina Fomina

for this case, and so — here we are, and together with Metro C Engineer Mr. Fabio Giannelli, two representatives of the ATAC Customer service, Roma Metropolitana Technical Director Mr. Luigi Napoli and Head of the Project "Line C" Mr. Andrea Sciotti — we are descending a narrow staircase to a depth of 18 meters. All station space is surrounded by concrete walls, the sky is grinning through the shaft. My companions draw my attention to a ground freezing plant that freezes the soil from the bottom up and is equipped with ice delivery system. At the moment the ground freezing is already completed, so the equipment is dismantled. The wall still retains traces of holes drilled for supplying the freezing mixture. "Before freezing the ground, we have consolidated it with mortar. This is done with the aim to avoid negative consequences in case of possible excessive freezing", — explains Mr. Fabio Giannelli.

The soil underlying the tunnel — or the chamber forming the station space — contains more water than all other layers, which means that it provides an even bigger concern for excavation. Exactly for this reason the main ground freezing was performed from below. It was made by using liquid nitrogen freezant and circulating brine, a strong saline solution used to maintain the temperature.

Apart from active freezing techniques, better insulation performance can be achieved by laying a waterproofing geomembrane under the tunnel invert.

The builders must arrange around the tunnel a series of frozen cylinders with a diameter of 3 meters and adjacent to each other.

At this stage the works are carried out on reinforcing the tunnel arch from the inside and on consolidating the ground around its outer perimeter. The aim of these operations is to create a kind of a swamp or plug that prevents moisture penetration inside the tunnel. Later this tunnel will be connected with the other one by inserting one tunnel into the other. When microtunnelling machine reaches the diagram wall, it will be dismantled, and the tunnel enlarged to the design dimensions.

One creative solution was to build a miniature exhibition space inside the metro station. Many artifacts uncovered during the excavation are destined to be displayed there. Metro builders have unearthed the largest water reservoir of time of the Roman Empire built by Ancient Rome slaves. It is well preserved up to now under the rubble of subsequent civilizations. Some elements of this most ancient construction will also be displayed in the exhibition area.

Then we proceed toward the terminal station of the line C operating section, and I gain the opportunity to shoot down a new double-track tunnel and to access the accuracy and clarity of the automation system. Some time ago two tunnel boring machines were working here, then they were dismantled and brought to the surface by a lifting crane. The biggest challenge was to carry the parts of the TBM from this place to another construction site, as they are very heavy. Some roads on which the TBM had to be transported, are built on ancient foundation, so the machines had to be dismantled to their smallest components. Now these 800-ton jumbos lie unassembled on another construction site waiting in the wings. After necessary verification they will be assembled again for construction of other tunnels. But this will only happen in 2017... ■



## XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



www.mostdor.com

### ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ:

- Проектирование и строительство дорог, мостов и тоннелей
- Оборудование, материалы и конструкции для строительства транспортных объектов
- Оборудование и технологии прокладки коммуникаций, инженерное обеспечение
- Технические средства обеспечения безопасности дорожного движения
- Интеллектуальные транспортные системы
- Специальные материалы и оборудование для содержания и ремонта дорог
- Диагностика, контроль качества и безопасность дорожных работ
- Программное обеспечение и связь
- Инвестиции, страхование и лизинг объектов строительства, техники, оборудования

### СПЕЦРАЗДЕЛЫ:

Композитные, полимерные и геосинтетические материалы в дорожном строительстве  
Дорожно-строительная и коммунальная техника

В рамках деловой программы: XII Международный Форум «Мир Мостов».

**NEW** Выставка впервые проходит в ВК «Ленэкспо» параллельно с международным форумом «Безопасность на дорогах ради безопасности жизни».

При поддержке



Организатор:



Тел.: (812) 320-8097, 320-8094

E-mail: autoprom1@restec.ru, passtrans@restec.ru

Подробная информация и новости выставки на [www.mostdor.com](http://www.mostdor.com)