

# Gilgel Gibe Ethiopia

Plastic Cut-Off  
Drilling & Grouting

Dam impermeabilization (Lot 5) • Tunnel consolidation (Lot 1)



## INTRODUZIONE

L'impianto idro-elettrico di Gilgel Gibe rientra nel programma generale di sviluppo del paese previsto dall'Ente per l'energia elettrica dell'Etiopia (EEPCO), e ha come scopo principale l'espansione della produzione di energia elettrica e lo sviluppo nel settore agro-alimentare. L'area interessata dal progetto è localizzata a Sekoru Wereda, nella zona di Jima, presso la regione d'Oromia, a circa 260 Km a sud d'Addis Abeba, e a circa 70 Km a nord-est di Jima.

Si tratta di un altipiano piuttosto livellato posto a circa 1650 metri sopra il livello del mare.

## INTRODUCTION

The Gilgel Gibe power plant falls within the country's general development plan envisaged by the Ethiopian Electric Power Corporation (EEPCO), with the aim of expanding the energy and power generation capacity as well as the development in the farm and food sector.

The project area is located in Sekoru Wereda, in the Jima zone, Oromia Region, at about 260 Km south of Addis Abeba and at about 70 Km north of Jima.

It's a fairly flat plateau at about 1650 m.a.s.l.



Ente Appaltante : **ETHIOPIAN ELECTRIC POWER CORPORATION (EEPCO)**  
Owner :

Contrattista Principale : **SALINI - NECSO J.V. (Lot 5)**  
Main Contractor : **NECSO J.V. - SALINI (Lot 1)**

Durata dei lavori : **1999 - 2003**  
Duration of work :

## DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il Progetto include tre principali opere :

- **DIGA** (Lotto 5)
- **CONDOTTA FORZATA** (Lotto 1)
- **CENTRALE ELETTRICA** (Lotto 4)

Questa brochure si riferisce al Lotto 5 e al Lotto 1.

### DIGA

La diga è un rilevato costituito da terra - argilla e roccia alta circa 40 m caratterizzata da un rivestimento di calcestruzzo e asfalto nel paramento di monte. Il livello della cresta diga è di 1.675 metri sopra il livello del mare mentre la lunghezza è di circa 2.000 m. Il volume totale del rilevato è di circa 2.5 milioni di m<sup>3</sup>. Il rivestimento di calcestruzzo e asfalto coprirà una superficie totale di 105,000 m<sup>2</sup>.

### CONDOTTA FORZATA

La condotta forzata consiste in una galleria rivestita in calcestruzzo avente un diametro interno di 5.5 m e lunga circa 9 km. Si sono realizzate due gallerie d'accesso per eseguire lo scavo della condotta: la galleria nr.1 sarà lunga 260 m e la nr.3 sarà di 194 m.

## DESCRIPTION OF THE PROJECT

The Project includes three main constructions:

- **DAM** (Lot 5)
- **POWER TUNNEL** (Lot 1)
- **UNDERGROUND POWER HOUSE** (Lot 4)

This brochure refers to Lot 5 and 1.

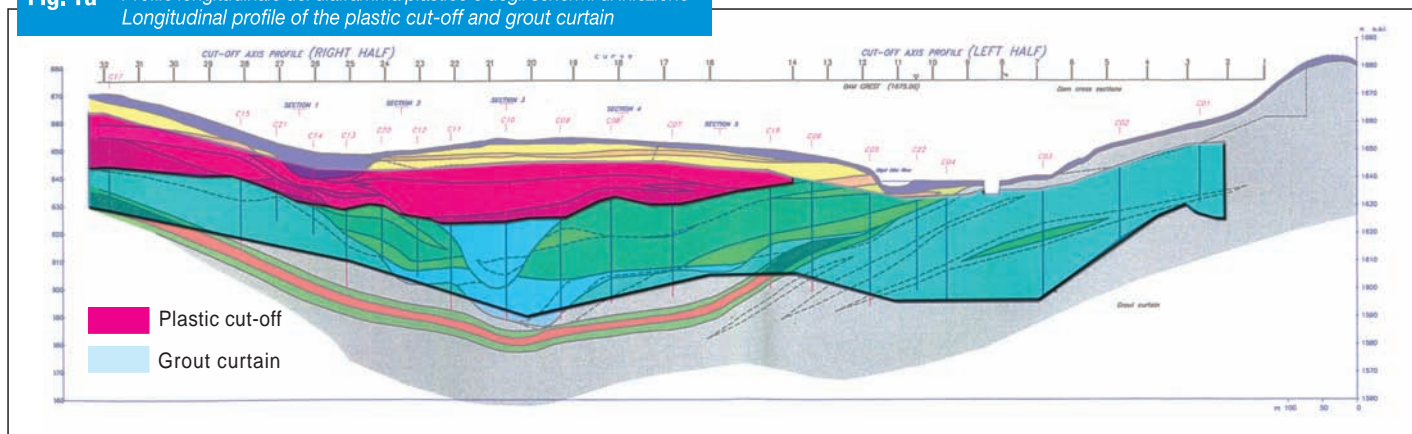
### DAM

The dam is 40 m high and consists in an embankment made of soil, clay and rock and is characterised by an upstream asphalt-concrete facing. The crest level is at 1.675 m.a.s.l., while the length is about 2.000 m. The total volume of the embankment is about 2.5 millions m<sup>3</sup>. The asphalt-concrete facing will cover a total surface of 105,000 m<sup>2</sup>.

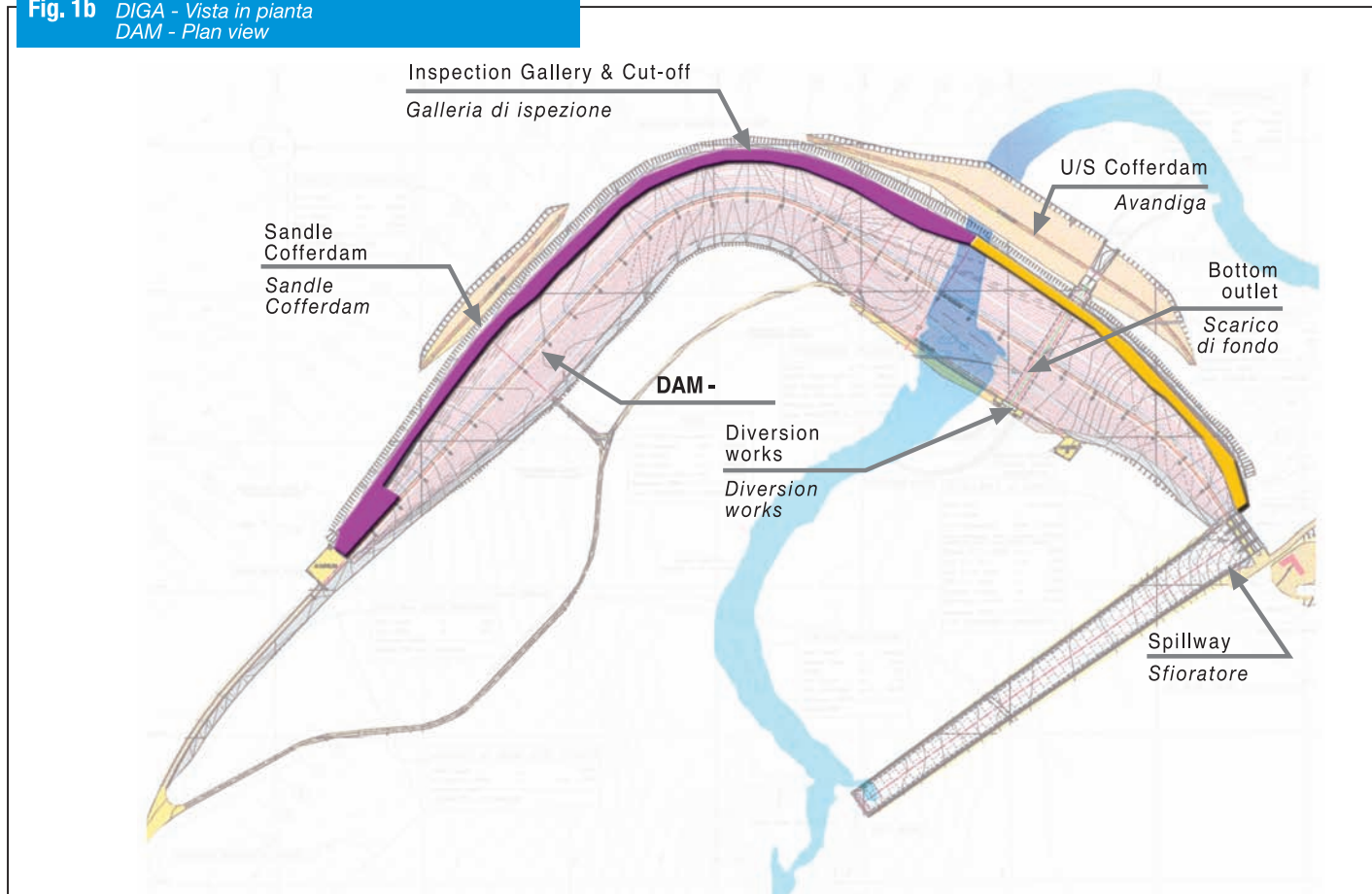
### POWER TUNNEL

The power tunnel consists in a tunnel lined with concrete, with an inside diameter of 5.5 m, and approximately 9 km long. Two access tunnels have been executed in order to execute the power tunnel excavation: tunnel nr.1 will be 260 m long and nr.3 will be 194 m long.

**Fig. 1a** Profilo longitudinale del diaframma plastico e degli schermi di iniezione  
Longitudinal profile of the plastic cut-off and grout curtain



**Fig. 1b** DIGA - Vista in pianta  
DAM - Plan view



## LAVORI ESEGUITI

I lavori del Lotto 5 in diga posso essere riassunti come segue:

- Sondaggi preliminari
- Paratia plastica
- Cortina di impermeabilizzazione

I lavori del Lotto 1 nel tunnel comprendevano le seguenti attività:

- Iniezioni di contatto
- Iniezioni di consolidamento
- Carotaggi di controllo
- Infilaggi sub-orizzontali

### DIAFRAMMA PLASTICO

Tutte le zone sottostanti l'alveo del fiume e quelle relative al versante destro, nelle quali era presente un substrato alluvionale, sono state rese impermeabili con un diaframma plastico dello spessore di 80 cm, composto da miscela ternaria (acqua-bentonite-cemento con aggiunta di inerti) spinto alla profondità di 30 m fino all'incastro in roccia.

Nella figura 1a ed 1b è illustrata la zona dove è stato eseguito il diaframma plastico e la cortina di iniezione. Lo scavo dei pannelli in bentonite è stato eseguito con benna SOILMEC BH-7 (2500 x 800 mm) montata su una gru cingolata. La sigillatura di contatto tra il diaframma e la roccia di base è stata assicurata tramite iniezioni cementizie. Il getto dei pannelli con il calcestruzzo plastico avveniva tramite tubi convogliatori (tipo contractors).



### CORTINA DI INIEZIONE

La fondazione sotto al nucleo di argilla e sotto al diaframma, si è resa impermeabile tramite uno schermo di iniezioni profonde. Le iniezioni sono state realizzate in fori eseguiti a rotopercussione con martelli a fondo foro (DTH) con diametri variabili fra i 75 e i 90 m. La profondità massima della cortina di iniezione è stata di 60 metri. Le iniezioni della cortina sono state eseguite con il sistema ascendente (up-stage) iniettando le sezioni di foro della lunghezza di 5 m. I tipi di miscela cementizia variavano con rapporti di A/C 0,6 - 0,8 con aggiunta di additivi.

Prima delle iniezioni si sono eseguiti, nei fori di investigazione e nei fori di controllo, delle prove di permeabilità "lugeon" per verificare la permeabilità del massiccio roccioso.

## WORKS EXECUTED

Works of Lot 5 to be executed in the dam can be summed up as follows:

- Preliminary drillings
- Plastic cut-off
- Grout curtain

Works involved by Lot 1 to be executed in the tunnel cover the following activities:

- Contact grouting
- Consolidation grouting
- Control core sampling
- Sub-horizontal forepilings

### PLASTIC CUT-OFF

All areas beneath the river bed and those relevant to the right side, where an alluvial substratum was present, have been made waterproof by means of a 80 cm thick plastic cut-off consisting of a ternary mixture (water-bentonite-cement with the addition of aggregates) which was then grouted up to a depth of 30 m, until joining the rock.

Figure 1a and 1b depict the area where the plastic cut-off and the grouting curtain have been carried out. The bentonite panels' excavation has been performed by means of a SOILMEC BH-7 grab (2500 x 800 mm) assembled on a crawler-mounted crane.

The contact sealing between the cut-off and the basic rock was assured by means of cement grouting.

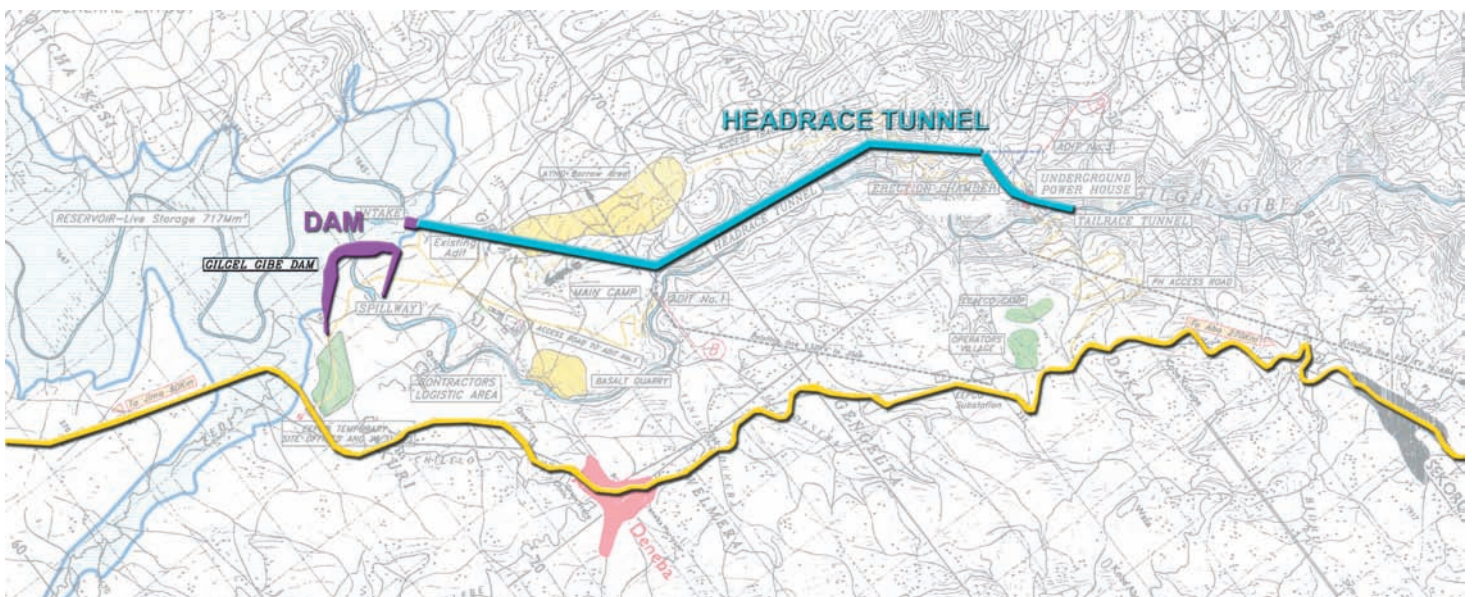
The panels' casting by means of plastic concrete was carried out by means of tremie-pipes (contractors' type).

### GROUTING CURTAIN

The foundation below the impervious clayey core and the cut-off was made waterproof by means of a deep grouting curtain. Grouting has been performed into holes obtained by means of rotopercussion carried out through down-the-hole hammers, with diameters variable from 75 and 90 m.

The maximum depth of the grouting curtain was 60 m. Curtain grouting has been performed by means of the up-stage system, that is, by grouting hole sections having a 5 m length. The types of cement mixtures varied according to the W/C ratios and were 0.6 - 0.8, with the addition of additives.

Before grouting, "lugeon" permeability tests have been carried out in the investigation and control holes, in order to check the permeability level of the rock.



## ATTREZZATURE UTILIZZATE

- Gru cingolate linkbelt LS-108 e LS 118
- kelly SOILMEC con benna BH-7
- Impianto automatico di miscelazione
- Perforatrice SOILMEC SM-305
- Perforatrice SOILMEC SM-305 “ombrellino”
- Sonda a rotazione Longyear 38
- Wagon drill Stenuick BBAS
- Impianti di iniezione SOILMEC GS-1
- Minijumbo Tamrock HC 300
- SR-52



## EQUIPMENT

- LS-108 and LS 118 crawler-mounted Linkbelt cranes
- SOILMEC kelly with BH-7 bucket
- Automatic batching plant
- SOILMEC SM-305 drill rig
- SOILMEC SM-305 “umbrella type” drill rig
- Longyear 38 rotary drill
- Stenuick BBAS wagon drill
- SOILMEC GS-1 grouting plant
- Tamrock HC 300 minijumbo
- SR-52



## INIEZIONE DI CONTATTO E CONSOLIDAMENTI

Lungo il tunnel di 9 km (**Lot.1**) sono state eseguite le iniezioni di contatto fra calcestruzzo e roccia. Le iniezioni sono state eseguite nella calotta del tunnel con raggiera ogni 3 metri una dall'altra ed alternate con 4 e 5 fori del diametro di 38 mm.

Scopo delle iniezioni era quello di sigillare i vuoti lasciati tra calcestruzzo e roccia. Nella parte di tunnel dove la roccia era più alterata (grado III, IV e V) le iniezioni sono state eseguite con raggiera di fori ogni 3 metri. Le iniezioni di consolidamento sono state realizzate attraverso fori di diam 38 mm con miscela di acqua-cemento-additivi ad una profondità variabile in roccia da 3 a 3,5 m.

Numerosi carotaggi di controllo sono stati eseguiti per determinare la permeabilità prima e dopo le iniezioni. I risultati hanno evidenziato la buona qualità del contatto calcestruzzo-roccia e l'efficacia del lavoro di iniezioni svolto.



## CONTACT GROUTING AND CONSOLIDATIONS

Contact grouting between the concrete and the rock has been carried out along the 9 km long tunnel (Lot 1). Grouting has been performed in the upper part of the tunnel every 3 m among each other, and alternated with 4 and 5 holes having a 38 mm wide diameter.

Aim of the grouting was to seal the voids left between the concrete and the rock. In the tunnel section where the rock was more altered (grade III, IV and V), consolidation grouting has been performed with holes' sets every 3 meters.

Consolidation grouting has been executed through holes with 38 mm wide diameters by means of mixtures composed of water-cement-additives at a variable depth in the rock from 3 to 3.5 m.

Several core-sampling tests have been carried out in order to determine the permeability before and after grouting. Results highlighted the good quality of the concrete-rock contact and the effectiveness of the performed grouting works.

## INFILAGGI SUB-ORIZZONTALI

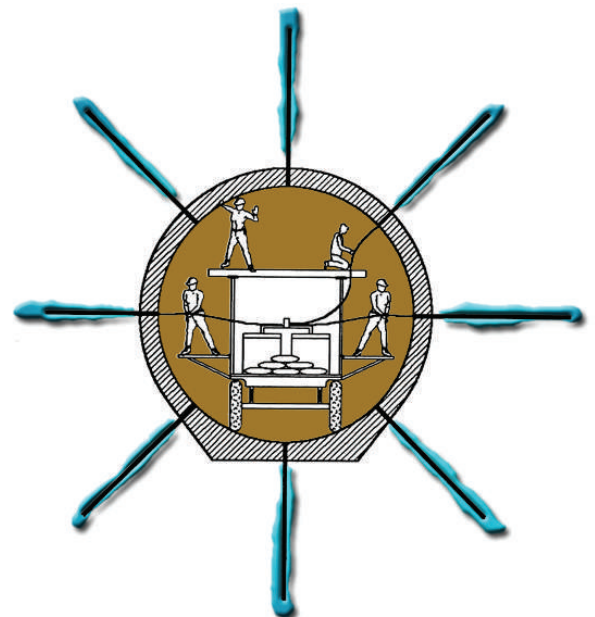
Durante gli scavi del tunnel, a causa dell'attraversamento di faglie (terreno sciolto composto da sabbie, detriti, limi, etc), si è ricorso all'utilizzo di infilaggi composti da "ombrelli". Gli infilaggi, composti da circa 25-30 micropali sub-orizzontali, ogni campata, sono stati realizzati con la perforatrice SOILMEC SM-305 "ombrellino"

La profondità dei micropali era di 12 metri e la parte di tunnel, scavata per ogni ciclo era di 9 metri.

## SUB-HORIZONTAL FOREPILINGS

During the tunnel excavations, and due to the crossing of faults (loose soil made of sand, debris, silt, etc ... '85) it was made recourse to the use of forepilings made of "umbrellas". Forepilings, consisting of about 25-30 sub-horizontal micro-piles per each span, have been carried out by means of the SOILMEC SM-305 "umbrella" drill rig.

Micropiles reached a 12 m depth and the tunnel section excavated per each cycle was 9 m long.





#### Quantità/Quantity of works (DIGA/DAM - Lot 5)

Diaframma plastico (spessore 800 mm) <i>Plastic cut-off walls (thickness 800 mm)</i>	<b>m<sup>2</sup></b> <i>m<sup>2</sup></i>	<b>16500</b> <i>16500</i>
Numero dei fori <i>Numbers of holes</i>	<b>n°</b> <i>n°</i>	<b>4920</b> <i>4920</i>
Perf.con recupero carota (diam 76-101 mm) <i>Drilling with core recovery (diam 76-101 mm)</i>	<b>m</b> <i>m</i>	<b>3.400</b> <i>3.400</i>
Perf. senza recupero carota (diam 38-101 mm) <i>Drilling without core recovery (diam 38-101 mm)</i>	<b>m</b> <i>m</i>	<b>75.500</b> <i>75.500</i>
Ri-perforazioni <i>Re-drilling</i>	<b>m</b> <i>m</i>	<b>12.000</b> <i>12.000</i>
Iniezioni di cemento a pressione (Connessione ai fori di iniez.) n° 12.000 sezioni di foro iniettate <i>Cement pressure grouting (Grout hole connection) say n° 12.000 grouted stage</i>	<b>n°</b> <i>n°</i>	<b>2.400</b> <i>2.400</i>

#### Quantità/Quantity of works (TUNNEL Lot 1)

Perforazioni con recupero di carota (diam 76 mm) <i>Drilling with core recovery (diam 76 mm)</i>	<b>m</b> <i>m</i>	<b>750</b> <i>750</i>
Perf. per iniez.di contatto di consolid. (diam 38-mm) <i>Drilling for contact &amp; consol.grout. holes (diam 38-mm)</i>	<b>m</b> <i>m</i>	<b>69.500</b> <i>69.500</i>
Ri-perforazioni <i>Re-drilling</i>	<b>m</b> <i>m</i>	<b>3.500</b> <i>3.500</i>
Prova pressione acqua (Tipo Lugeon) <i>Water pressure test (Lugeon)</i>	<b>n°</b> <i>n°</i>	<b>155</b> <i>155</i>
Iniezione di cemento a pressione (Connessione ai fori di iniez. (n° 11.600 tons di cemento iniettato) <i>Cement pressure grouting (Grout hole connection (n° 11.600 tons of grouted cement)</i>	<b>n°</b> <i>n°</i>	<b>34.800</b> <i>34.800</i>
Infilaggi (Tubex 90-115 mm) <i>Forepilings (Tubex 90-115 mm)</i>	<b>m</b> <i>m</i>	<b>4.200</b> <i>4.200</i>
Altri tipi di perforazione (Tubex 115 mm, etc etc.) <i>Various drilling (Tubex 115 mm, etc etc.)</i>	<b>m</b> <i>m</i>	<b>7.200</b> <i>7.200</i>