

# La segagione dei blocchi di granito mediante telaio a graniglia: i punti di forza della tecnologia tradizionale.

N. Careddu<sup>1</sup>, G. Lanceni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Cagliari, Italy. E-mail: [ncareddu@unica.it](mailto:ncareddu@unica.it)

<sup>2</sup>Diamond wire consultant

IL PRESENTE ARTICOLO NASCE DALL'ESIGENZA DI FARE IL PUNTO SULL'ATTUALE SITUAZIONE CIRCA LA SEGAGIONE DEI BLOCCHI DI GRANITO CON I TELAI MULTILAMA A MOTO PENDOLARE. È INFATTI VERO CHE, DA CIRCA 10 ANNI A QUESTA PARTE, POCO È STATO SCRITTO SU QUESTA TECNOLOGIA CHE RIMANE, TUTTORA, LA PIÙ DIFFUSA AL MONDO.

## 1. INTRODUZIONE

Il forte rallentamento registrato negli ultimi anni nella vendita di nuovi telai a graniglia è dovuto ad alcuni importanti fattori:

- la negativa congiuntura economica mondiale. Essa, soprattutto in Italia, ha colpito pesantemente il settore del lapideo ornamentale il quale è legato al settore dell'edilizia, sostanzialmente fermo nel nostro Paese;
- la concorrenza indiretta di macchinari usati che ha portato a una drastica contrazione nella vendita di nuovi impianti (saturazione del mercato). Si noti che non è raro trovare in vendita, nel mercato dell'usato, telai che, pur avendo solo pochi anni, sono venduti a un quarto del prezzo originario.
- nuove tecnologie apparse sul mercato con macchinari a filo diamantato.
- Non è da sottovalutare che la crescita del numero di aziende costruttrici di macchine multifilo ha portato l'imprenditore del lapideo a valutare sempre più spesso la possibilità di acquistare una multifilo. Nella scelta di un nuovo macchinario è però necessario che il cliente si affidi a un consulente "neutrale" o, meglio, indipendente che sappia indirizzare il cliente verso una scelta giusta e adatta alle sue specifiche esigenze, senza essere soggetto a influenze (o pressioni) da parte dei vari produttori di macchine.

## THE SAWING OF GRANITE BLOCKS WITH GANG-SAW: STRONG POINTS OF THE TRADITIONAL TECHNOLOGY.

N. Careddu<sup>1</sup>, G. Lanceni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Cagliari, Italy.

E-mail: [ncareddu@unica.it](mailto:ncareddu@unica.it)

<sup>2</sup>Diamond wire consultant

THIS ARTICLE COMES FROM THE NEED FOR CLARIFICATION OF THE PRESENT SITUATION REGARDING THE SAWING OF GRANITE BLOCKS USING PENDULAR GANG-SAWS. IT IS TRUE THAT, FOR THE PAST 10 YEARS IN THIS FIELD, LITTLE HAS BEEN WRITTEN ABOUT THIS TECHNOLOGY, WHICH IS STILL ONE OF THE MOST DIFFUSE IN THE WORLD.

## 1. INTRODUCTION

The strong slow-down in sales of new processing machines recorded in recent years is due to some important factors:

- The negative economic situation world-wide, which, especially in Southern Europe, has hit the ornamental stone sector of the building



## 2. TELAIO MULTILAMA A MOTORE PENDOLARE: QUALI NOVITÀ?

Negli ultimi quindici anni, il più sostanziale miglioramento tecnologico legato ai telai multilama per granito è sostanzialmente legato all'aumento delle dimensioni della macchina stessa che hanno raggiunto una larghezza di lavoro fino a 7,5 m [1]; ciò ha permesso la segagione contemporanea di quattro blocchi, a patto che essi abbiano dimensioni "standard da telaio".

Tuttavia la segagione tradizionale sembra riservare altre aree di miglioramento, ancora oggi poco esplorate nella maggioranza delle segherie, ma che, laddove testate o utilizzate a livello industriale, si sono dimostrate capaci di produrre risultati economicamente interessanti. In questo articolo si citano, a seguire, tre esempi concreti.

### 2.1 Impianti addizionali

Per migliorare la resa della graniglia d'acciaio, si può installare sul circuito di alimentazione del

materials industry very hard, making it stagnant.

- The indirect competition posed by used machines, which has caused a drastic contraction in sales of new machines (market saturation). It is not rare to find used gang-saws, just a few years old, for sale at a quarter of their original price.
- The development of diamond-wire technology in the market.
- The growth in number of producers of multi-wire machines has caused stonecutting clients to consider buying multi-wire machines. In the choice of new machine, however, it is necessary that clients place their trust in a "neutral" or "impartial" consultant, or better yet, an independent consultant who knows how to direct his client to the best choice for his specific needs, without being subject to the influence (or pressure) from various machine producers.

telaio un impianto dotato di un separatore magnetico e un vaglio vibrante. Esso permette l'uso e la gestione efficace di quella parte di graniglia avente dimensione inferiore.

## 2.2 Lame e graniglia fini

La combinazione di lame e graniglie fini garantiscono una maggiore resa del blocco (espressa in  $m^2/m^3$ ), ovvero un numero maggiore di lastre ricavate dal blocco. Le lame fini (spesse 4,2 mm), a causa della loro ridotta sezione resistente, necessitano comunque di una maggiore attenzione durante le fasi di segagione. Tali miglioramenti, hanno portato a provati consumi inferiori sia di energia elettrica sia di lame e graniglia: dai dati messi a disposizione presso alcune aziende in Spagna e Brasile, a seguito del monitoraggio di 2030 tagli, si è potuta constatare una riduzione fino al 8 % del consumo di graniglia e lame e un aumento del 7 % dei  $m^2$  ottenuti dallo stesso numero di  $m^3$  di granito segato. Questi progressi hanno comportato, nelle aziende monitorate, l'ottimizzazione dell'intero processo produttivo con conseguenti notevoli risparmi a partire dalle materie prime (blocchi, lame e graniglia) sino all'ultima fase, relativa al trattamento delle acque reflue, che ha visto la riduzione dei fanghi di lavorazione e, pertanto, dei costi di smaltimento.

## 2.3. Controlli elettronici

I moderni controlli elettronici permettono l'analisi continua dei parametri di segagione, diminuendo i costi di manodopera, garantendo dati uniformi e permettendo, quindi, di abbassare ulteriormente i costi legati alla qualità. Il monitoraggio e la costanza dei principali parametri delle miscele abrasive (viscosità, contenuto di graniglia e sua distribuzione granulometrica), rappresentano sicuramente un fattore strategico per l'esecuzione di un processo di segagione ottimale nonché per la prevenzione dei possibili problemi.

## 3. AFFIDABILITÀ DELLA TECNOLOGIA

Si incominciò a parlare di vetustà della tecnologia dei telai a graniglia a partire dalla fine degli anni '80. Tuttavia i risultati tecnici ed economici, confermavano la fiducia in essa. Nessuna delle nuove tecnologie presentate negli anni '90 superò in termini economici l'affidabilità dei telai. Oggi, nonostante la stagnazione del mercato ed i miglioramenti tecnici delle multifilo, non possiamo che certificare l'affidabilità della tecnologia tradizionale dei telai multilama a moto pendolare. Essa è infatti una tecnologia consolidata, il cui processo di segagione è stato ampiamente studiato. I costi di manutenzione sono

## 2. PENDULUM-MOTION GANG-SAWS: WHAT'S NEW?

In the last 15 years, the most important technological improvement of multi-blade gang-saws has been an increase in size to 7.5 meters [1]; this has permitted the simultaneous cutting of 4 blocks, as long as they have the same "standard saw dimensions". However, traditional cutting methods seem to have other possible areas of improvement which have yet to be explored by the majority of stonecutters. But where these improvements have been tested and used at an industrial level, they have produced interesting economic results. This article cites the following three specific examples:

### 2.1 Additional machines

To improve the production output of steel grit, a machine equipped with a magnetic separator and vibrating sieve can be installed on the feed circuit of the saw. This permits the use and efficient management of smaller size grains.

### 2.2 Blades and fine grit

The combination of blades and fine grit guarantees a higher output from the block (expressed in  $m^2/m^3$ ), or a higher number of slabs from each block. Fine blades (4.2mm thickness), because of their reduced resistant area, however, require a higher level of attention during the sawing process.

Such improvements have resulted in proven reduction of the use of electricity, with both blades and grit, based on data supplied by companies in Spain and Brazil: following the monitoring of 2030 cuts, a reduction on 8% in consumption of grit and blades, and an increase of 7% of  $m^2$  obtained from the same number of  $m^3$  of cut granite. These advancements have resulted in an optimization of the entire production process among the companies monitored with notable savings in all phases from raw materials (blocks, blades, grit), to the end process, related to the treatment of waste water, which observed a reduction of slurry, and thereby a reduction of costs associated with its disposal.

### 2.3. Electronic controls

Modern electronic controls permit the continuous analysis of cutting parameters, reducing labor costs, guaranteeing uniform data and permitting, therefore, the further reduction of costs associated with quality control. The monitoring and the consistent quality of the principal parameters of abrasive mixes (viscosity, grit content and its granular distribution), surely



abbastanza certi e comunque più contenuti rispetto ad una macchina multifilo, soprattutto con il passare degli anni: questo vantaggio dipende strettamente dalla facile reperibilità di pezzi di ricambio, standard e non eccessivamente legati al produttore della macchina (non customizzati) con conseguente abbattimento dei costi di manutenzione. Inoltre i costi di segagione sono trasparenti e facilmente tracciabili.

Va notato che i fornitori di materiali di consumo sono conosciuti e affidabili. Essi, grazie al fatto che le aziende leader nella produzione di lame e graniglia hanno tutte certificazioni di processo, sono in grado di fornire al cliente i materiali di consumo con la dovuta continuità e qualità. Questo ultimo punto (già evidenziato in passato [2]) è ancora una nota dolente nel filo diamantato che non possiede marchiatura CE. Inoltre è oggi evidente la proliferazione di produttori di filo diamantato con qualità molto diverse e poco confrontabili.

In paesi soggetti a brevi interruzioni elettriche (black-out), come ad esempio l'India, la ripresa della segagione con la multifilo comporta quasi sempre un qualche segno sulle lastre; al contrario, una breve interruzione della fornitura di energia elettrica, non comporta problemi nel caso della segagione mediante telaio tradizionale. La vita utile (service life) del telaio a graniglia è alta, visto che molto spesso supera i 20 anni; inoltre l'esposizione finanziaria nell'acquisto di materiali di consumo (lame e graniglia) è limitata. Questo aspetto non è di poco conto quando anziché di telaio tradizionale, si parla di multifilo: per certi mercati la reperibilità di mute di filo non è facile; al contrario, avere un magazzino con set di fili "just in time" può far esporre l'azienda a un rischio finanziario importante.

Per ovviare a questo problema, alcune aziende

represent a strategic factor for the execution of optimized sawing processes, as well as the prevention of possible problems.

### 3. TRUSTWORTHINESS OF THE TECHNOLOGY

Since the late 1980s some have talked about the obsolescence of gang-saw technology, but the technical and economic results have confirmed the confidence the industry has in it. None of the new technologies presented in the 1990s could surpass its trustworthiness in economic terms. Today, notwithstanding the stagnation of the market and the technological improvements of multi wire, we can't deny the reliability of multi-blade pendular motion gang-saw technology. It is a consolidated technology, in which the cutting process has been well studied. Maintenance costs are well documented and controlled compared with multi-wire machines, especially as the years go by: this advantage depends largely on the ease of acquiring spare parts, which are standardized and not connected to a specific machine producer (not customized), and are therefore cheaper to maintain.

Furthermore, sawing costs are transparent and easy to be tracked

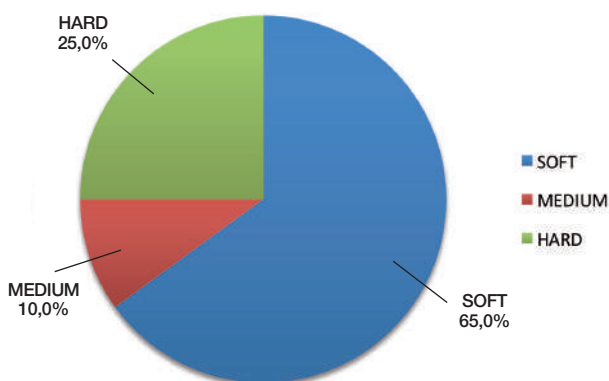
It should be noted that suppliers of the required raw materials are well known and trustworthy. They are able provide clients with raw production materials with the required continuity and quality thanks to the fact that industry leaders in the production of blades and abrasives are all certified in their processes.

This last fact (previously noted [2]) is still a sore point in that diamond wire does not carry European Union certification. In addition, it is clear today that the proliferation of diamond wire producers has led to a wide and uncontrolled range of available quality in the product.

In countries which are subject to brief interruptions of electric service (blackouts), like India for example, the restart of the multi-wire cutting process almost always leaves undesirable marks on the slab, on the contrary, a brief interruption of electric service does not cause any problems with traditional gang-saw cutting technology.

The service life of a gang-saw is long – often exceeding 20 years. In addition, the financial exposure to purchase consumable materials (blades and grit) is limited. This aspect is not

**Ripartizione dei blocchi segati in funzione della durezza**



**Fig. 1**

Ripartizione percentuale dei blocchi segati durante i mesi monitorati

Split in percentage of blocks cut during the monitory period



che hanno in dotazione la macchina multifilo sono state costrette all'acquisto di una macchina riplastificatrice (sebbene non industriale ma "da laboratorio") con conseguenti problemi di ordine economico e organizzativo.

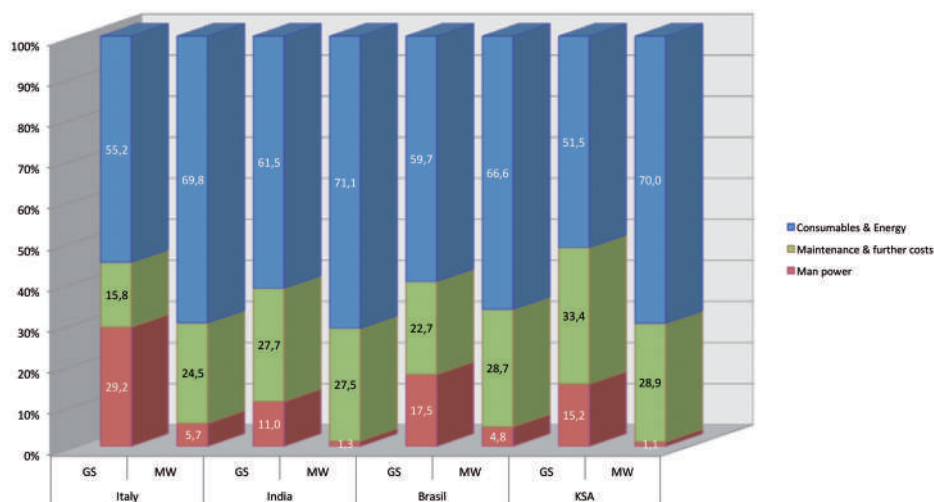
Per quanto riguarda la tipologia di produzione, è facile notare come il telaio tradizionale abbia un'eccellente versatilità, sia per la tipologia dei materiali segabili, sia per gli spessori di taglio, non solo in centimetri ma anche in pollici. Al contrario, per quanto riguarda quest'ultima caratteristica, un impianto multifilo costruito per esempio per segare lastre con spessori di 2 cm, può variare lo spessore delle stesse togliendo i fili (e, dunque, producendo lastre aventi spessori multipli di 2 cm); si noti però che con l'adozione sullo stesso tamburo di perline con diametro da 6 - 6,5 - 7 mm si possono ottenere lastre grezze di spessore diverso (anche se a scapito della resa del blocco). Una nota recente è che la rugosità superficiale

negligible when considering multi-wire: in certain markets the availability and acquisition of wire is difficult. On the contrary, keeping a warehouse full of emergency wires exposes a company to important financial risk and pressure.

To remedy this difficulty, some companies with multi-wire machines have been obliged to invest in re-plastification machines (though not industrial, ) with all their associated economic and organizational problems.

With regard to the type of production, it is easy to see that the traditional gang-saw has a great deal of versatility, for both the type of material to cut, and the thickness of the cut, either in centimeters or inches. On the other hand, a multiwire machine built to cut 2cm slabs can change thickness by removing the wires (and therefore producing slabs in multiples of 2cm); it should be noted, however, that with the application on the same drum of beads with a diameter of 6 - 6.5 - 7

**Gangsaw Vs. Multiwires**  
Cost analysis %



**Fig. 2**

Ripartizione percentuale (cumulata a 100) dei costi di segagione.

GS = Telaio a graniglia, MW = Multifilo)

Split by percent (total 100) of cutting costs.

GS = Gang-saw, MW = Multi-wire

delle lastre segate mediante telaio tradizionale è particolarmente apprezzata qualora esse debbano essere successivamente incollate ad un supporto: la scabrezza della superficie favorisce il "grippaggio" del collante.

#### 4. CASES STUDY

Sono state attentamente monitorate, lungo un periodo di 6 mesi, le telaiate effettuate presso la Pacific Granite, un'azienda indiana di medie dimensioni. L'azienda, è equipaggiata con 3 nuovi telai da 4,80 m i quali hanno effettuato una media di 10 telaiate/mese ciascuno.

Il grafico di figura 1, mostra la percentuale dei differenti materiali tagliati, suddivisi per categoria di durezza.

L'organizzazione dell'impianto sommata a una corretta fase di riquadratura dei blocchi ha fatto sì che si ottenesse mediamente un coefficiente di riempimento del telaio superiore al 75 %. Questi fattori hanno portato, nei 6 mesi monitorati, a raggiungere una produzione complessiva dei 3 telai di circa 110.000 m<sup>2</sup>.

Per le 4 voci Graniglia metallica + Lame + Calce + Energia il costo complessivo non è risultato superiore a 2,60 €/m<sup>2</sup>.

Alla luce di questi risultati, in un mercato globale dove sempre più è importante avere bene sotto controllo i propri costi di produzione, l'azienda ha recentemente optato di investire nell'acquisto di un quarto telaio.

mm on the same drum, you can obtain raw slabs of different thicknesses (even to the detriment of the yield of the block).

A recent discovery is that the surface roughness of a slab cut by a gang-saw is greatly appreciated when the slab has to be glued to a support: the roughness of the surface favors the grip of the adhesive.

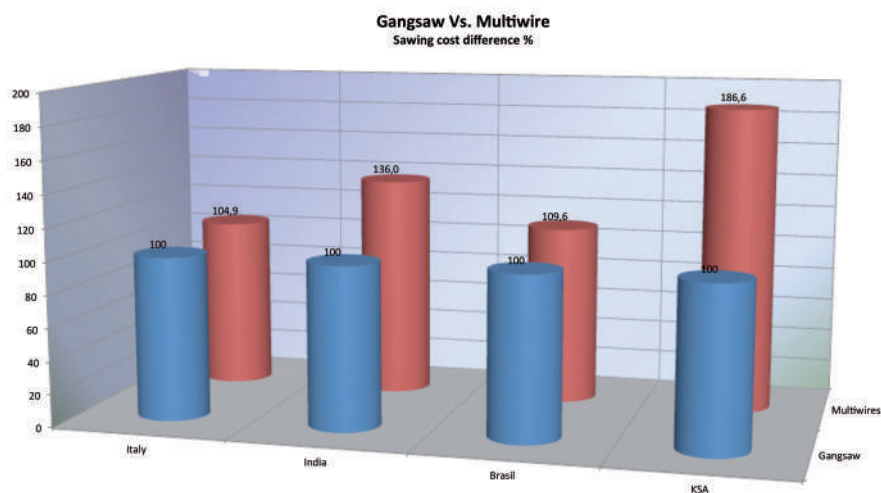
#### 4. CASE STUDIES

The saw cuts made by Pacific Granite in India, have been carefully monitored for a period of six months. The company was supplied with 3 new gang saws of 4.8 m each, with which they performed an average of 10 cuts each monthly. The graph of figure 1 shows the percentage of different materials cut, divided by hardness category.

The organization of the plant, combined with a proper squaring of the granite blocks, means that the company obtained an average coefficient of saw usage greater than 75%. These factors brought the company to a comprehensive production level of roughly 110,000 m<sup>2</sup> for the three machines during the 6 months monitored period.

As far as steel grit, blades, lime and energy, the production cost was within €2.60 /m<sup>2</sup>. In the light of these result, and in a global market where it is always more important to control production costs, the company has





**Fig. 3**

Confronto economico tra tecnologie di segazione, per ogni nazione, fatto a 100 il costo unitario (misurato in €/m<sup>2</sup>) relativo al telaio.

*Economic comparison between cutting technologies, for each country, based on a unit cost of 100 (measured in €/m<sup>2</sup>) compared with gang-saw.*

#### 4.1 Considerazioni tecnico-economiche

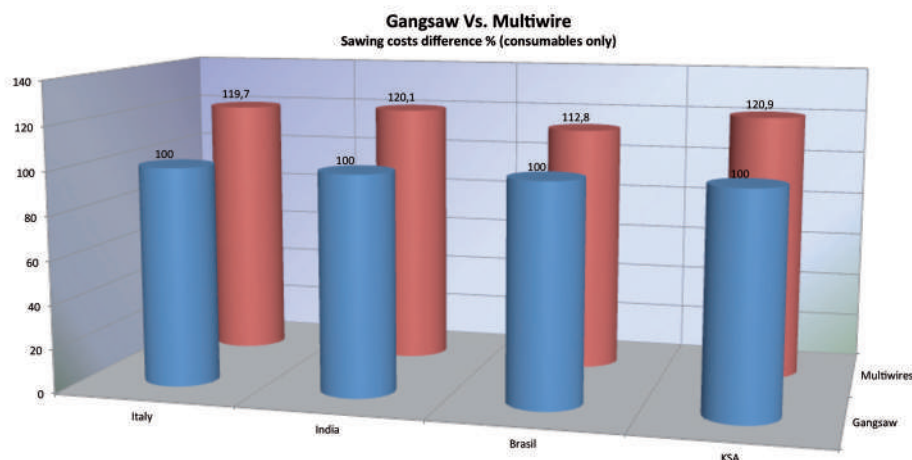
Nello studio che segue, si è effettuato il confronto tra le prestazioni di un telaio tradizionale di 4,80 m, tramite il quale è più facile ottenere un alto coefficiente di riempimento del telaio per la segazione di 3 blocchi, con una macchina multifilo

opted to acquire a fourth gang-saw machine.

#### 4.1 Techno-economic considerations

The following study compares the performance of a traditional gang-saw of





**Fig. 4**

Confronto economico tra tecnologie di segagione relativo all'incidenza dei materiali di consumo, per ogni nazione, fatto a 100 il costo unitario (misurato in €/m<sup>2</sup>) relativo al telaio.

*Economic comparison between cutting technologies concerning the incidence of consumable materials, for each country, based on a unit cost of 100 (measured in €/m<sup>2</sup>) compared with gang-saw.*

equipaggiata con 70 fili diamantati (aventi 7,2 mm di diametro) ottimizzata per il taglio di un blocco anche di grandi dimensioni.

All'interno di questo confronto si è inoltre voluto distinguere le realtà produttive più significative grazie alla raccolta di numerosi dati nei seguenti paesi, considerati maggiormente rappresentativi: Italia, India, Brasile e Arabia Saudita.

Per ognuna di queste macro-aree è stata fatta un'ulteriore distinzione in funzione della classe di durezza (intesa come resistenza alla segagione) dei materiali. Lo scopo di questo studio, e della seguente presentazione dei dati elaborati, è quello di fornire uno spunto di riflessione agli operatori del settore che potrebbero trovarsi a fare scelte quasi al buio relativamente agli investimenti sulle tecnologie di segagione del granito (si veda quanto già detto nel paragrafo 1).

Le voci di costo raccolte ed analizzate, per entrambe le tecnologie di segagione, sono le seguenti: materiali di consumo (graniglia, lame e calce per il telaio, filo diamantato per le multifilo), energia, manodopera, ammortamenti, manutenzioni, smaltimento fanghi, acqua e costi addizionali.

Si noti che i dati utilizzati per la realizzazione dei grafici che seguono (figure da 2 a 6) non sono teorici bensì rilevati in situ mediante monitoraggio delle prestazioni reali di vari impianti per un periodo di riferimento di 15 mesi. La ripartizione degli spessori delle lastre è stata considerata al 50 % tra 20 mm e 30 mm.

La figura 2 mette in evidenza come, in ogni nazione:

- i telai abbiano, percentualmente, minori costi imputabili alla somma delle voci materiali di consumo + energia;

4.80m, with which it is easier to obtain a higher usage coefficient for cutting of 3 blocks, with a multi-wire machine equipped with 70 diamond wires (of 7.2mm diameter) optimized to cut a block of large dimensions. At the heart of this comparison is the desire to analyze the most significant production information, thanks to the data collected in the following countries, which are considered being representative: Italy, India, Brazil and Saudi Arabia.

A further distinction was made by hardness (resistance to cutting) of materials cut for each of the geographical area.

The scope of this study is to provide granite processors with precious input and references since they may find themselves making blind choices when it comes to invest in granite cutting technology (see paragraph 1).

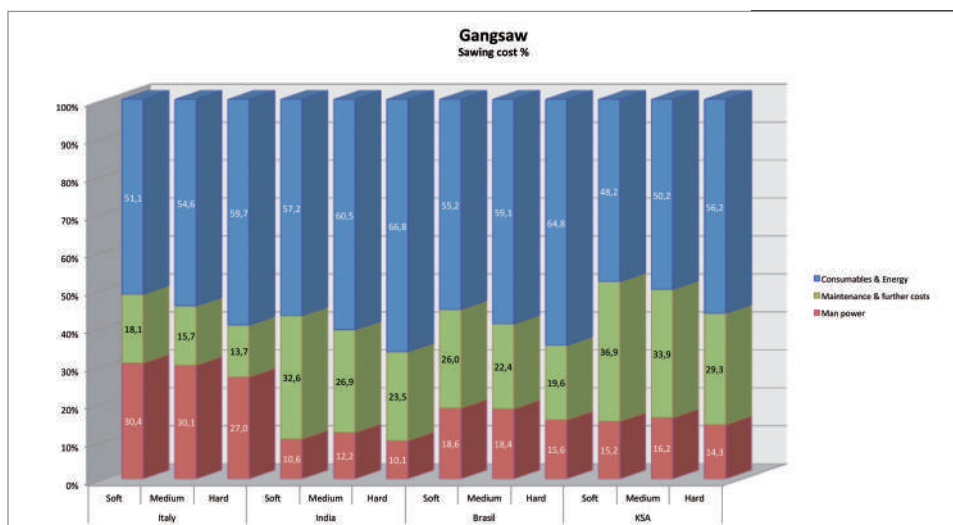
The line item costs collected and analyzed, for both cutting technologies, are the following: consumable materials (steel grit ,steel blades and lime for the gangsaw, diamond wire for the multi-wire), energy, labor, depreciation, maintenance, waste disposal and additional costs.

It should be noted that the data used to create the following graphics are not theoretical, but were collected in situ by monitoring real-world performance of various installations over a reference period of 15 months.

The breakdown of the thicknesses of the slabs has been considered at 50% between 20 mm and 30 mm.

Figure 2 shows how, in each country:

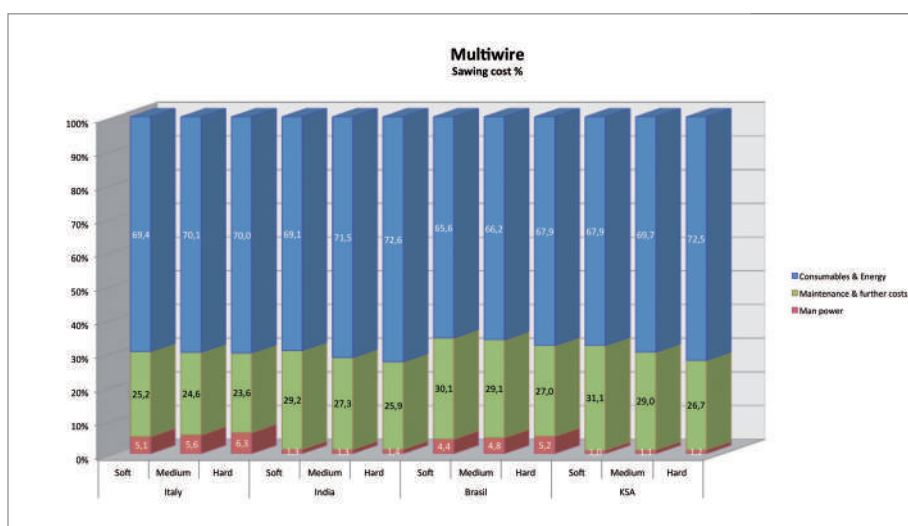




**Fig. 5**

Ripartizione percentuale (cumulata a 100) dei costi di segagione del telaio tradizionale. Il diagramma a barre è diviso sia per nazione sia per classe di segabilità della roccia.

*Split in percentage (100 total) of cutting costs of the traditional gang-saw. The bar graph is divided both by country and by hardness level of the stone.*



**Fig. 6**

Ripartizione percentuale (cumulata a 100) dei costi di segagione della multifilo. Il diagramma a barre è diviso sia per nazione sia per classe di segabilità della roccia.

*Split in percentage (100 total) of multi-wire cutting costs. The bar graph is divided both by country and by hardness level of the stone.*

- le multifilo abbiano, percentualmente, minori costi di manodopera;
- i costi di manutenzione siano più bassi per il telaio soprattutto nei paesi dove la tecnologia multifilo risulta essere più consolidata; comparando telai più vecchi con multifilo nuove, i costi di manutenzione si equivalgono. Caso a sé quello della Arabia Saudita dove risulta essere più difficile il reperimento di pezzi di ricambio per i telai (anche in questo caso la tecnologia multifilo è relativamente nuova).

La figura 3 mette in evidenza alcune questioni, che spesso e volentieri non vengono evidenziate per “diplomazia”. Si noti il dato elevato delle multifilo per l'Arabia Saudita: i graniti segati in quel paese sono (per decreto

- Gang-saws have lower costs percentages imputable to the sum of the consumables and energy;
- Multi-wire machines have lower cost percentages for labor (manpower)
- Maintenance costs for gang-saws are lower in countries where multi-wire technology is more consolidated; comparing older gang-saws with newer multi-wire machines, the maintenance costs are equal. Saudi Arabia is a unique case because it is more difficult to acquire spare-parts for multi-wires in that country (multi-wire technology is relatively new).

Figure 3 highlights some questions which are not often purposely posed. The graph shows an elevated statistic for multi-wire costs in

che non consente l'esportazione di blocchi) quelli locali (altamente abrasivi), questo incide molto sul costo unitario dell'utensile. Inoltre si rileva un gap nella preparazione degli operatori all'utilizzo della tecnologia multifilo.

Persino in India (per lo meno nelle aziende considerate nel presente studio) le multifilo non sembrano tagliare bene, ma tale fatto non dipende né dalle macchine né dal filo, bensì da come esse sono impostate.

La figura 4 conferma quanto scritto in precedenza, in figura 2, circa il minor costo unitario di taglio, imputabile ai soli materiali di consumo, di cui gode la tecnologia del telaio tradizionale.

Inoltre, considerando i grafici delle figure 5 e 6, si denota che, tra le diverse durezza di granito, la differenza dei valori è molto più livellata nella multifilo. Ciò è legato al fatto che nel telaio tradizionale la gestione dei materiali di consumo è più modulabile rispetto alla multifilo. Infatti, nella segagione a telaio è possibile modificare la quantità di graniglia e il tipo di lama nell'armatura (l'altezza in particolare) per ogni telaia che si effettua, adattando così l'utensile al granito da segare in quel preciso istante ottimizzandone i consumi. Il filo diamantato invece, una volta montato sulla macchina rimane lo stesso per l'intera durata della "muta", pertanto può essere più adatto per un certo tipo di granito e molto meno per un altro; in tale caso si può giocare su altri parametri (quali la tensionatura e la velocità periferica del filo, la cala) per cercare di ottimizzare la vita utile dell'utensile.

Guardando i grafici delle figure 5 e 6, era ovvio aspettarsi ripartizioni diverse per paesi diverse. Oltre a quanto spiegato in precedenza, vi sono variazioni importanti tra le varie voci di costo, ad esempio:

- il costo dell'energia elettrica è di 0,16 €/kWh in Italia e di soli 0,02 €/kWh in Arabia Saudita;
- varia anche l'influenza della manodopera, dipendente non solo dallo stipendio dell'operaio (che varia in funzione della nazione considerata), ma anche invece dal numero di persone impiegate per il funzionamento delle macchine. Ad esempio: due operai per una multifilo in India e Arabia Saudita e 3 operai per un telaio (nelle stesse nazioni). Si noti comunque che i costi di manodopera, qui considerati, sono relativi al numero di operatori comunque necessari in una segheria, indipendentemente dalle ore effettivamente passate alla macchina

Saudi Arabia: the granite cut in that country is local (export of the stone is prohibited by law), and highly abrasive, which greatly affects the unit costs. In addition, there is a wide gap in the training of workers who use multi-wire technology.

Even in India (in the companies considered in the present study) multi-wire machines do not seem to cut well, but this fact depends neither on the machines nor on the wire, but by how they are set.

Figure 4 confirms what was shown in figure 2, that the lowest unit cost is enjoyed by gang-saw technology in relation to consumable materials. In addition, considering the graphs of figures 5 and 6, it is observed that, between the different hardness levels of granite, the difference in values is linear in multi-wire technology. This is due to the fact that in traditional gang-saw technology, the management of consumables is more flexible than the multi-wire. In fact, with gang-saw it is possible to modify the supplied quantity of steel grit, and the type of blades (particularly the height) for each sawing made, thus adapting the tool to the granite sawing at the current time, optimizing the consumption. Diamond wire, however, once mounted on the machine, remains fixed for the duration of the work, therefore may be more suitable for a certain type of granite, and much less for another; in that case, adjustments can be made to other parameters (the tension and peripheral speed of the wire) in an effort to optimize the useful life of the tool.

Observing the graphics of figures 5 and 6, it was obvious to expect different breakdowns for different countries. In addition to what has been explained above, there are important variations between the various line item costs, for example:

- The cost of electric energy is 0.16 €/kWh in Italy, while it is only 0.02 €/kWh in Saudi Arabia;
- The costs of the labor force vary greatly, not just in terms of salary (which varies from country to country), but also in the number of operators needed to run the machines. For example: two workers operate a multi-wire machine in India and Saudi Arabia, while the same countries need three workers to operate a gang-saw. Labor costs, studied here, are relative to the number of workers necessary for the operation of the plant, regardless how many hours they spend at the machines.

Si danno di seguito ulteriori dati presi in considerazione per la realizzazione dei grafici.

La lunghezza del blocco standard è di 3 m in Italia, Brasile ed India, mentre in Arabia Saudita sono più corti, specialmente quelli segati con la multifilo. In tale nazione i blocchi lunghi oltre i 2,80 m sono preferibilmente segati mediante telaio a graniglia.

Per quanto riguarda la multifilo si sono considerate le cale di 30, 25 e 20 cm/h (che significano 0,90, 0,75 e 0,60 m<sup>2</sup>/h/filo) rispettivamente per i graniti teneri, medi e duri, per rispettivi 54, 46, 41 tagli al mese.

Per il telaio, la segagione è realizzata con lame da 5 mm e con graniglie fini che permettono spessori di lastre di 25 o 35 mm. Nel programma di calcolo si sono infine considerati dei coefficienti riduttori sia per il calcolo delle ore operative effettive sul telaio sia per quanto riguarda il riempimento del telaio (70 %).

## 5. CONCLUSIONI

Non vi è dubbio che un blocco di granito venga segato in lastre da una multifilo con tempi inferiori rispetto a quanto possa essere realizzato mediante telai tradizionali. Laddove è richiesta flessibilità produttiva, la complementarietà tra le due diverse tecnologie può garantire un compromesso efficace. Tuttavia, grazie all'alta affidabilità della tecnologia e dei materiali di consumo occorre tener presente che per la gestione di comandi standard, di progetti di medie-grandi dimensioni, la soluzione migliore è attualmente l'utilizzo del telaio tradizionale a lame e graniglia.

Come considerazione finale, è bene notare che attualmente nel mondo opera un numero di telai a graniglia di circa dieci volte superiore a quello degli impianti multifilo; tale dato evidenzia l'importanza che continuano ad avere attualmente sul mercato sia le lame da telaio sia la graniglia di acciaio.

## Bibliografia/References

- [1] Primavori, P., 2008. Machinery and equipment for ornamental stone processing. In: Directory 2008, Pub. Promorama s.r.l. Ed., Milano, Italy.
- [2] Careddu, N., Mulas, I., 2003. Diamond wire cutting equipment in granite quarries: safety and standards., Diamante – Applicazioni e Tecnologia, n. 35, Anno 9, Dicembre 2003, pagg. 97-109. Ed. G & M Associated Snc.

Other data below were taken into account in the creation of these graphics. The length of a standard block is 3m in Italy, Brazil and India, while in Saudi Arabia it is only 2.8m, especially those cut with multi-wire machines. In this country, blocks longer than 2.8m in length are preferably cut by gang-saw.

With regard to multi-wire machines, the study considers down speed of 30, 25 and 20 cm/h (which means 0.90, 0.75 and 0.60 m<sup>2</sup>/h/wire) respectively for soft, medium and hard granites, with a respective 54, 46 and 41 gangsaw cuts per month.

For the gang-saw, the cut is made with a 5mm blade and fine size grit that grant the possibility to get slabs 25 or 35 mm of thickness.

The calculation program also includes reductive coefficients for both the calculation of actual gang-saw operating hours and for gang-saw loading capacity (70%).

## 5. CONCLUSIONS

There is no doubt that a granite block can be cut into slabs by a multi-wire machine in a shorter time than using traditional gang-saw technology. Wherever production flexibility is required, the complementary relationship between the two different technologies will ensure an effective and logical compromise. However, thanks to the high level of trustworthiness of the technology and consumable materials, it is worth keeping in mind that for the management of standard jobs, or of medium to large projects, the best choice is the use of the traditional gang-saw with blade and grit.

As a final consideration, it should be noted the number of gang-saw in the world is ten times the number of multi-wire machines; this shows the importance that steel blades, steel grit and the gang saw technology continue to have in the granite markets world-wide.

## Bibliography/References

- [1] Primavori, P., 2008. Machinery and equipment for ornamental stone processing. In: Directory 2008, Pub. Promorama s.r.l. Ed., Milano, Italy.
- [2] Careddu, N., Mulas, I., 2003. Diamond wire cutting equipment in granite quarries: safety and standards., Diamonds – Applications and Technology, n. 35, Anno 9, December 2003, pag. 97-109. Ed. G & M Associated Snc.