



**ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE**

**Sezione di Genova e Laboratori Nazionali del Sud**

---

**INFN-20-014/GE**  
**31 august 2020**

**INFN INTERNAL NOTES**

**The new “Welding Machine” for the DUs integration in the  
KM3NeT experiment: Mechanical and Pneumatic parts**

Giorgio Cacopardo<sup>1</sup>, Palmiro Pollovio<sup>2</sup>, Claudio Pizzorno<sup>2</sup>, Andrea Trovato<sup>2</sup>, Andrea Lo Cicero<sup>2</sup>,  
Giuseppe Tavilla<sup>2</sup>, Franco Parodi<sup>2</sup>, Giacomo Ottonello<sup>2</sup>, Stefano Ottonello<sup>2</sup>,  
Massimiliano Cresta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) *INFN, Laboratori Nazionali del Sud, Via Santa Sofia, 62, 95123 Catania, Italy*

<sup>2</sup>) *INFN, Sezione di Genova, Via Dodecaneso, 33, 16146, Genova, Italy*

**Abstract**

This note describes one of the tools used during Process-1 of the integration of the Detection Units (DUs) in the KM3NeT experiment. In particular, the device is designed to seal the Break-out-box (BOB). The BOB is a box interface between a Digital Optical Module (DOM) and the electro-optical cable (VEOC) for power and optical connection of each optical module (DOM) to the DU.

The original manual version of the tool developed by NIKHEF was then automatized by INFN-LNS in order to guarantee a reproducible operation in the recursive process of the DU integration and two samples have been realized for the integration sites at LNS and Genova respectively.



*Published by Ufficio Biblioteca e Divulgazione Scientifica  
Laboratori Nazionali di Frascati*

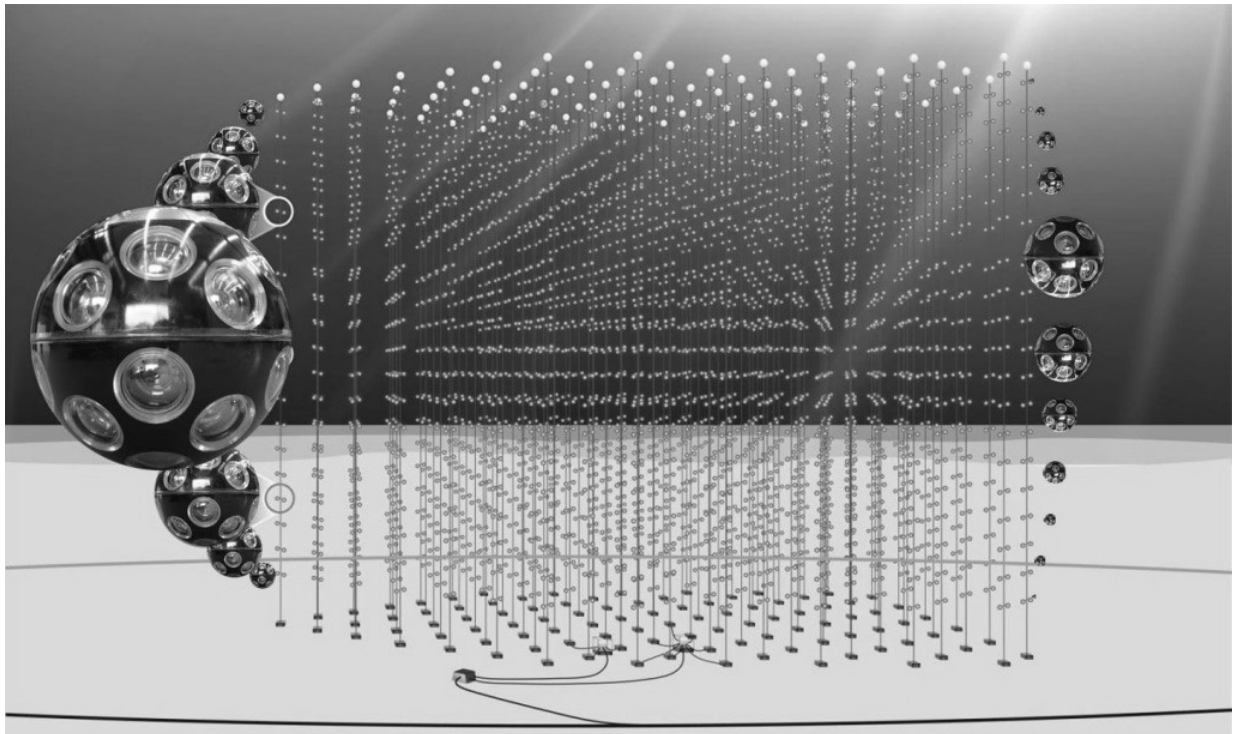
## INDEX

Sezione di Genova e Laboratori Nazionali del Sud .....	1
Abstract .....	1
Introduction .....	3
Machinery Directive Rules and guidelines .....	4
Chapter1 Mechanics .....	5
1.1 General layout .....	5
1.2 Mechanical workings .....	6
Chapter 2 Pneumatic.....	7
2.1 General layout .....	7
2.2 Pneumatic scheme .....	7
.....	7
Chapter3 Technical construction dossier.....	7
Improvements.....	16
References .....	16

### Table of figure:

Figure 1: km3 experiment.....	3
Figure 2: general layout.....	5
Figure 3: global view .....	6
Figure 4: scheme.....	7
Figure 5: improvements.....	16

## Introduction



*Figure 1: Km3 experiment*

The KM3NeT experiment [1] for the detection of high energy cosmic neutrinos is being built in two sites of the Mediterranean Sea, Capo Passero in Sicily (ARCA) and Toulon in the French coast (ORCA). The full detection system includes 3 building blocks of DUs [2], each block of 115 DUs. Each DU accommodates 18 DOMs [3], kept vertical by a top buoy and connected to the DU base via the VEOC. The DOMs are produced in various integration sites of the KM3NeT collaboration while the VEOCs are provided by the Dutch MCAP company specialized in cable and glass fibers assemblies. The schematic of cable, filled with oil to be in equi-pressure during operation at the sea bottom is reported in fig.1

Every 9m in ORCA or 36m in ARCA, the VEOC has a breakout box (BOB) made in black Simona polymer to allow connection to the corresponding DOM. The box has two separated compartments. The first is already sealed and includes a 375/12V DC-DC converter. Here the two conductors and one fiber of the VEOC are addressed to the second compartment which is open and oil free to allow the connection to the DOM via the splicing of the optic fiber and the clamp of the electrical wires.

This operation is described in detail in the Integration procedure manual on Google Drive. As a result, the DOM is electrically and optically connected to the VEOC but in order to guarantee water tightness and equi-pressure during operation, the second compartment of the box must be finally sealed and oil filled.

In each DU this operation must to be repeated 18 times, one for each DOM, and hundreds of times when all the DUs of the building blocks of the detector are considered.

The automation of this process via the so called “automated welding machine” (AWM) can then of great impact during the DU integration process not only with respect to time optimization but also to improve the reliability of the process.

The design of the AWM was developed by one of us (G.Cacopardo) while the realization

of all the mechanical structure was performed both at INFN-LNS and INFN-Genova. In this note we focus on the general description and requirements of the machine while details on the mechanical structure, the electronic components and the software will be given in separate reports. The qualification of the device based on the check of the welding procedure repeated in a relevant number of spare BPBs is also discussed.

## **Machinery Directive Rules and guidelines**

The AWM is not realized to be market to outside companies: it will be used during the DU integration process 1 by trained people, only inside the INFN laboratories. However, the design is compliant to the EU's Machinery Directive which defines the essential health and safety requirements for a wide range of products, including machinery conformity with respect to the essential health and safety requirements (in Italian RES, Requisiti Essenziali di Sicurezza).

This is accomplished by

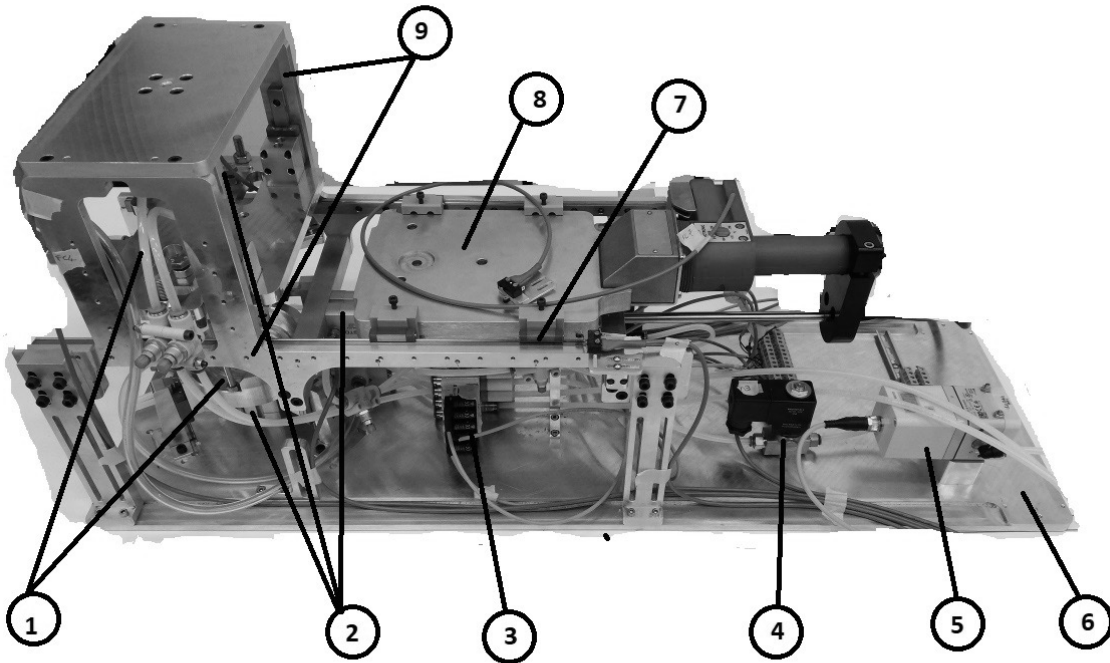
- a detailed risk analysis which includes the application of technical standards already during the design phase, the implementation of safety devices and guards, highlighting, in the instruction manual, the residual risks that cannot be eliminated,
- the technical documentation file to collect all the documents produced during the design phase, the construction and the test of the machine,
- the operation and maintenance manual
- a manufacturer plate for identification

The AWM was designed following the guideline of the technical code DVS 2207-1 that applies to the welding of pipes, fittings and tapping tees made from PE-HD including types PE 63, PE 80 and PE 100. In this approach the quality of welded joints depends on the qualification of the welder as well as on compliance with the welding standards. The welded joint can be tested by means of non-destructive methods: in our application this is accomplished using pressurized air inside the welded volume and checking for leaks. Within the framework of the quality assurance it is recommended to produce and test samples of joints before and during welding. This was done various times on spare BOBs as described in next chapter

## Chapter 1 Mechanics

### 1.1 General layout

The mechanics, designed by G. Cacopardo, is mainly made of aluminum, the sides, through 4 columns, are bolted to the base and on them are mounted the linear guides that allow the sliding of the heating plate and the upper cup. The actuator of the upper cup and the heating plate are also anchored to the sides via two crosspieces and a plate. The lower cup actuator with the relative guides are instead mounted directly on the base which also houses all the other pneumatic elements (pressure regulator, solenoid valves, vacuum generators etc.).



*Figure 2: general layout*

1. Upper and lower cups
2. Pneumatic actuators
3. 2-way solenoid valves
4. Solenoid valve
5. Pressure regulator
6. Base
7. Linear guides
8. Heating plate
9. Sides

## 1.2 Mechanical workings

The processes for the construction of the mechanical structure of the Automatic Welding Machine were entirely carried out in the mechanical workshop of the Genova Section with the commitment of all the technicians involved in the service.

The construction of the components required the use of lathes and milling machines. The simplest pieces were made using traditional machines, while the pieces with more complex shapes required the use of numerical control machines.

In particular, the base and the sides, due to their shape and size, were machined on the DECKEL FP 42 NC 3-axis CNC milling machine which can allow contouring, drilling and series milling. The programming of this milling machine was carried out on the machine using the ISO language and a simple graphic interface.

Instead the two “cups” that house the BOB and the relative cap were processed on the Mikron UCP 800 Duro 5-axis CNC machining center, the machining program was created using the Hypermill CAD / CAM software.

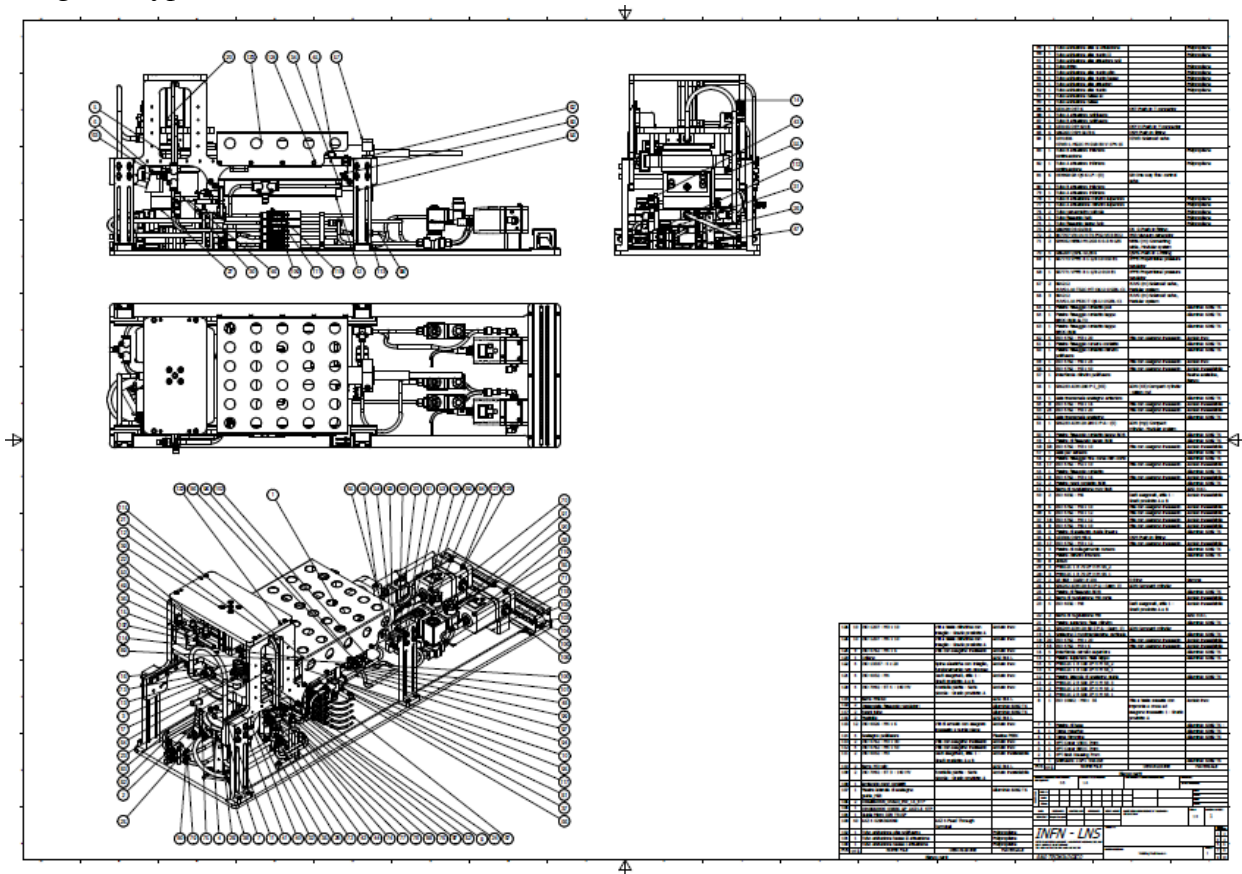


Figure 3: global view

## Chapter 2 Pneumatic

### 2.1 General layout

The pneumatic system consists of an electronic "pressure regulator" which varies the pressure in the circuit of the actuators from the network pressure (7/8 bar), according to the phase of the welding cycle and the necessary force.

A solenoid valve (EV) is mounted downstream of the "Pressure regulator", which must be powered in order to move the actuators.

Subsequently, 3 type 5/3 solenoid valves (EV1, EV2, EV3) are mounted which control the relative actuators. All 3 actuators of the same series and have the same diameter (20mm), they moves the heating plate, the upper cup and the lower cup; their range varies according to the connected user (heating plate > upper glass > lower glass).

Finally connected upstream of the "Pressure regulator" there are 2 vacuum generators that exploit the Venturi effect to hold the elements to be welded in position on the cups (upper and lower); they operate at the mains pressure and are controlled by two 3/2 solenoid valves.

The pneumatic elements are connected together using 6x4 mm plastic tubes and joined with quick couplings. Valves are present on the actuator inputs which, by acting on the air flow, can modify the speed of movement.

### 2.2 Pneumatic scheme

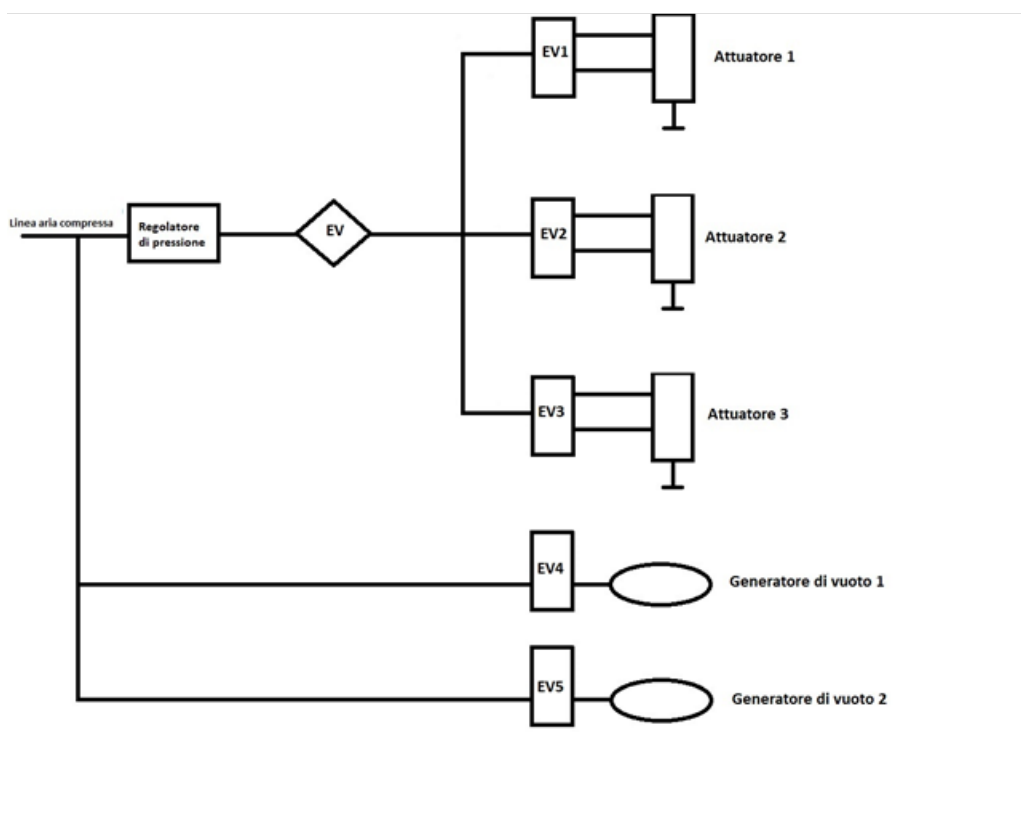


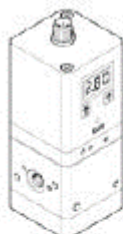
Figure 4: scheme

## Chapter3 Technical construction dossier

### Pressure regulator

#### riduttore di pressione proporzionale VPPE-3-1-1/8-10-010-E1

Codice prodotto: 557773



FESTO



#### Foglio dati

Caratteristica	Valore
Diametro nominale, alimentazione	5 mm
Diametro nominale, scarico	2,5 mm
Tipo di azionamento	Elettrico
Principio di tenuta	Non metallica
Posizione di montaggio	Qualsiasi Preferibilmente verticale
Costruzione	Valvola di regolazione a membrana, prepilolata
Resistenza ai cortocircuiti	Per tutti le connessioni elettriche
Avvertenza di sicurezza	Condizioni di sicurezza VPPE: in caso di rottura del cavo di alimentazione si mantiene la pressione di uscita senza regolazione.
Protezione contro l'inversione di polarità	Per tutti le connessioni elettriche
Riposizionamento	Molla meccanica
Tipo di comando	Prepilotato
Funzione valvola	Riduttore di pressione proporzionale a 3 vie
Tipo display	LED a 3 cifre
Intervallo di regolazione della pressione	0,1 ... 10 bar
Pressione di ingresso 1	6 ... 11 bar
Isteresi di pressione max.	0,05 bar
Portata nominale normale	1.250 l/min
Intervallo tensione d'esercizio CC	21,6 ... 26,4 v
Assorbimento di corrente max.	160 mA
Durata dell'inserimento	100%
Assorbimento elettrico max.	4,2 W
Ondulazione residua	10 %
Uscita di commutazione	PNP
Intervallo di segnale, uscita analogica	0 - 10 v
Intervallo di segnale, ingresso analogico	0 - 10 v
Fluido d'esercizio	Aria compressa a norma ISO 8573-1:2010 [7:4-4] Gas inerti
Indicazione sul fluido d'esercizio e di pilotaggio	L'impiego con aria lubrificata non è possibile
Marchio CE (vedi dichiarazione di conformità)	Ai sensi della direttiva CE sulla compatibilità elettromagnetica
Classe di resistenza alla corrosione CRC	2 - stress da corrosione moderato
Temperatura del fluido	10 ... 50 °C
Grado di protezione	IP65
Temperatura ambiente	0 ... 60 °C
Omologazione	RCM Mark c UL us - Listed (OL)
Peso	390 g
Errore di linearità in ± %FS	1 %FS
Coefficiente di temperatura	0,04 %/K
Precisione di ripetizione, in ± %FS	0,5 %FS
Connessione elettrica	Connettore maschio M12 5 poli
Fissaggio	Con foro passante

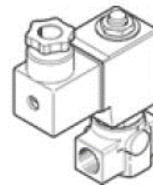


Caratteristica	Valore
Attacco pneumatico 1	G1/8
Attacco pneumatico 2	G1/8
Attacco pneumatico 3	G1/8
Avvertenza sul materiale	Conforme a RoHS
Materiale del corpo	Leghe di alluminio per lavorazione plastica anodizzata

## Solenoid valve

### Panoramica caratteristiche selezionate elettrovalvola VZWD-L-M22C-M-G18-30-V-1P4-15 #1491836

Funzione



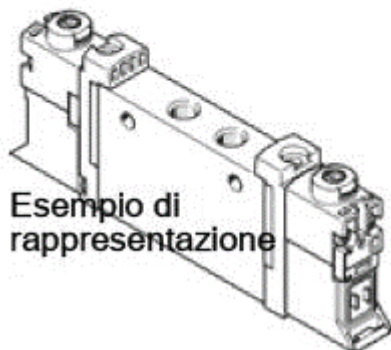
Caratteristiche principali	
Caratteristica	Valore
Funzione valvola	Valvola 2/2, NC
Attacco valvola di processo	Filetto femmina G1/8
Materiale corpo	Standard (ottone)
Materiale guarnizione	FPM
Tensione di esercizio	24 VDC
Diametro nominale	3 mm
Pressione d'esercizio	Max. 15 bar

## 2-way solenoid valves

### elettrovalvola VUVG

Codice prodotto: 564212

☆ Core product range



Esempio di  
rappresentazione

**Panoramica caratteristiche selezionate elettrovalvola**  
**VUVG-L14-T32C-MT-Q6-U-1H2RL-C1**  
**#564212**

Caratteristiche principali	
Caratteristica	Valore
Serie costruttiva	VUVG Valvola di controllo direzione per applicazioni standard
Esecuzione	Extended features
Principio costruttivo	Piston spool with sealing cartridge
Tipo VCD	L Valvola filettata
Ingombro	14 Misura 14
Attacco pneumatico	Q6 Attacco a innesto 6 mm
Funzione della valvola	T32C 2 valvole controllo direzione 3/2 normalmente chiuse
Tipo di richiamo delle valvole monostabili	M Molla meccanica
Connessione elettrica	H2 Configurazione degli attacchi H, connettore orizzontale

Altre opzioni	
Caratteristica	Valore
Aria di pilotaggio	Servopilotaggio interno
Tensione nominale di esercizio	1 24 V DC
Azionatore manuale	T Monostabile, bistabile
Scarico	U Silenziatore
Collegamenti	R Riduzione della corrente di ritenuta
Indicatore	L LED
Accessori elettrici valvola	C1 Cavo di connessione, con guaina, 0,5 m

**Panoramica caratteristiche selezionate elettrovalvola**  
**VUVG-L14-P53C-T-Q6-U-1H2RL-C1**  
**#564212**

Caratteristiche principali	
Caratteristica	Valore
Serie costruttiva	VUVG Valvola di controllo direzione per applicazioni standard
Esecuzione	Extended features
Principio costruttivo	Piston spool with sealing cartridge
Tipo VCD	L Valvola filettata
Ingombro	14 Misura 14
Attacco pneumatico	Q6 Attacco a innesto 6 mm
Funzione della valvola	P53C Valvola di controllo direzione a 5/3 vie, posizione centrale chiusa
Tipo di richiamo delle valvole monostabili	Senza
Connessione elettrica	H2 Configurazione degli attacchi H, connettore orizzontale

Altre opzioni	
Caratteristica	Valore
Aria di pilotaggio	Servopilotaggio interno
Tensione nominale di esercizio	1 24 V DC
Azionatore manuale	T Monostabile, bistabile
Scarico	U Silenziatore
Collegamenti	R Riduzione della corrente di ritenuta
Indicatore	L LED
Accessori elettrici valvola	C1 Cavo di connessione, con guaina, 0,5 m

## Actuators

### 5mm travel

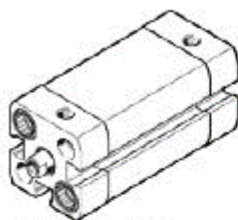
#### **cilindro compatto ADN-20-5-I-P-A**

Codice prodotto: 536242

★ Core product range

a norme ISO 21287, con rilevamento della posizione, con filetto femmina dello stelo.

FESTO



#### Foglio dati

Caratteristica	Valore
Corsa	5 mm
Diametro pistone	20 mm
Filettatura stelo	M6
Ammortizzazione	P: Anelli elastici/paracolpi su entrambi i lati
Posizione di montaggio	Qualsiasi
Conforme alla norma	ISO 21287
Estremità dello stelo	Filetto femmina
Rilevamento posizione	Per sensore di finecorsa
Varianti	Stelo su un lato
Pressione d'esercizio	0,6 ... 10 bar
Funzionamento	A doppio effetto
Fluido d'esercizio	Aria compressa a norma ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicazione sul fluido d'esercizio e di pilotaggio	E' possibile l'impiego con aria lubrificata (necessario poi per l'impiego successivo)
Classe di resistenza alla corrosione CRC	2 - stress da corrosione moderato
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Energia d'impatto nelle posizioni finali	0,2 J
Forza teorica a 6 bar, in trazione	141 N
Forza teorica a 6 bar, in spinta	188 N
Massa movimentata a corsa 0 mm	30 g
Peso per ogni 10 mm di corsa aggiuntiva	21 g
Peso a corsa 0 mm	131 g
Aumento di massa per 10 mm di corsa	6 g
Fissaggio	A scelta: Con foro passante Con filetto femmina Con accessori
Attacco pneumatico	M5
Avvertenza sul materiale	Conforme a RoHS
Materiale testata	Alluminio anodizzata
Materiale guarnizioni	TPE-U(PUR)
Materiale stelo	Acciaio fortemente legato
Materiale canna del cilindro	Lega di alluminio per lavorazione plastica Anodizzato liscio

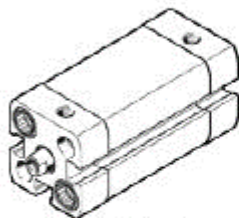
50mm travel

## cilindro compatto ADN-20-50-I-P-A

Codice prodotto: 536249  
★ Core product range

a norme ISO 21287, con rilevamento della posizione, con filetto femmina dello stelo.

FESTO



### Foglio dati

Caratteristica	Valore
Corsa	50 mm
Diametro pistone	20 mm
Filettatura stelo	M6
Ammortizzazione	P: Anelli elastici/paracolpi su entrambi i lati
Posizione di montaggio	Qualsiasi
Conforme alla norma	ISO 21287
Estremità dello stelo	Filetto femmina
Rilevamento posizione	Per sensore di finecorsa
Varianti	Stelo su un lato
Pressione d'esercizio	0,6 ... 10 bar
Funzionamento	A doppio effetto
Fluido d'esercizio	Aria compressa a norma ISO 8573-1:2010 [7:4-4]
Indicazione sul fluido d'esercizio e di pilotaggio	E' possibile l'impiego con aria lubrificata (necessario poi per l'impiego successivo)
Classe di resistenza alla corrosione CRC	2 - stress da corrosione moderato
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Energia d'impatto nelle posizioni finali	0,2 J
Forza teorica a 6 bar, in trazione	141 N
Forza teorica a 6 bar, in spinta	188 N
Massa movimentata a corsa 0 mm	30 g
Peso per ogni 10 mm di corsa aggiuntiva	21 g
Peso a corsa 0 mm	131 g
Aumento di massa per 10 mm di corsa	6 g
Fissaggio	A scelta: Con foro passante Con filetto femmina Con accessori
Attacco pneumatico	M5
Avvertenza sul materiale	Conforme a RoHS
Materiale testata	Alluminio anodizzata
Materiale guarnizioni	TPE-U(PUR)
Materiale stelo	Acciaio fortemente legato
Materiale canna del cilindro	Legh di alluminio per lavorazione plastica Anodizzato liscio

## 200mm travel

### cilindro compatto

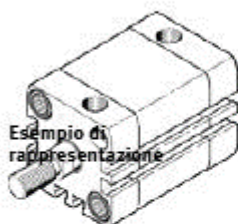
#### ADN-20- -

Codice prodotto: 536233

✧ Core product range

A norma ISO 21287, per rilevamento posizioni, con stelo con filetto femmina o maschio.

FESTO



### Foglio dati

Foglio dati generale – I singoli valori dipendono dalla specifica configurazione.

Caratteristica	Valore
Corso	1 ... 300 mm
Diametro pistone	20 mm
Basato sulla norma	ISO 21287
Ammortizzazione	P: Anelli elastici/paracolpi su entrambi i lati PPS: ammortizzazione pneumatica autoregolante
Posizione di montaggio	Qualsiasi
Costruzione	Pistone Stelo Canna profilata
Rilevamento posizione	Per sensore di finecorsa
Varianti	Omologazione per l'impiego in atmosfere potenzialmente esplosive (ATEX) Caratteristiche di scorrimento potenziate Stelo con filetto maschio prolungato Stelo con filetto speciale Stelo prolungato Con protezione anti-rotativa Elevata protezione contro la corrosione Protezione anti polvere Movimento costante a bassa velocità A basso attrito Stelo passante Stelo passante cavo Guarnizioni resistenti a temperature fino a max. 120°C Targhetta di identificazione incisa a laser Intervallo di temperatura -40 ... 80 °C Stelo su un lato
Pressione d'esercizio	0,6 ... 10 bar
Funzionamento	A doppio effetto
Marchio CE (vedi dichiarazione di conformità)	Ai sensi della direttiva CE sulla protezione antideflagrante (ATEX)
ATEX categoria gas	II 2G
ATEX categoria polvere	II 2D
Protezione antincendio per ambienti potenzialmente esplosivi, tipo gas	Ex h IIC T4 Gb
Protezione antincendio per ambienti potenzialmente esplosivi, tipo polvere	Ex h IIIC T120°C Db
Temperatura ambiente antideflagrante	-20°C (≤ Ta ≤ +60°C
Fluido d'esercizio	Aria compressa a norma ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicazione sul fluido d'esercizio e di pilotaggio	E' possibile l'impiego con aria lubrificata (necessario poi per l'impiego successivo)
Classe di resistenza alla corrosione CRC	2 - stress da corrosione moderato 3 - stress da corrosione elevato
Temperatura ambiente	-40 ... 120 °C
Forza teorica a 6 bar, in trazione	141 N

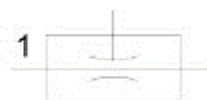
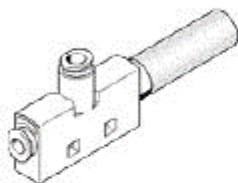
## Vacuum generator

### generatore di vuoto VN-14-H-T4-PQ2-VQ3-R02

Codice prodotto: 547707

FESTO

Standard, elevato valore di vuoto, larghezza 18 mm, forma a T con attacco a innesto e silenziatore aperto.



### Foglio dati

Caratteristica	Valore
Diametro nominale, ugello Laval	1,4 mm
Dimensione modulare	18 mm
Esecuzione silenziatore	In apertura
Posizione di montaggio	Qualsiasi
Caratteristica dell'eiettore	Alto vuoto Standard
Funzione integrata	Silenziatore aperto
Costruzione	Forma a T
Pressione d'esercizio per max. portata di aspirazione	5,1 bar
Pressione d'esercizio	1 ... 8 bar
Pressione d'esercizio per max. vuoto	5 bar
Vuoto max.	88 %
Pressione d'esercizio nominale	6 bar
Portata di aspirazione max. verso l'atmosfera	51,6 l/min
Tempo di alimentazione alla pressione d'esercizio nominale	0,5 s
Fluido d'esercizio	Aria compressa a norma ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicazione sul fluido d'esercizio e di pilotaggio	L'impiego con aria lubrificata non è possibile
Classe di resistenza alla corrosione CRC	1 - stress da corrosione basso
Temperatura del fluido	0 ... 60 °C
Livello di rumorosità alla pressione d'esercizio nominale	69 dB(A)
Temperatura ambiente	0 ... 60 °C
Coppia di serraggio max.	0,5 Nm
Peso	36 g
Fissaggio	Con foro passante Con accessori
Attacco pneumatico 1	QS-6
Attacco pneumatico 3	Silenziatore aperto
Attacco per il vuoto	QS-8
Avvertenza sul materiale	Senza rame e PTFE Contiene sostanze che intaccano l'imregnazione della vernice Conforme a RoHS
Materiale guarnizioni	NBR
Materiale ugello di ricezione	POM
Materiale del corpo	POM rinforzato
Materiale silenziatore	Alluminio pressofuso POM Schiuma PU
Materiale ugello emettitore	Legia di alluminio per lavorazione plastica
Materiale raccordo	Ottone Nichelato

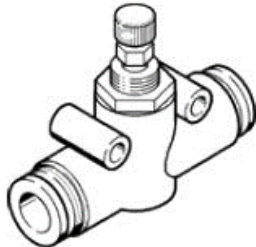
## Flow regulator

### regolatore di portata unidirezionale GR-QS-6

Codice prodotto: 193969

FESTO

Portata regolabile in una direzione di flusso.



### Foglio dati

Caratteristica	Valore
Funzione valvola	Funzione di strozzatura unidirezionale
Attacco pneumatico 1	QS-6
Attacco pneumatico 2	QS-6
Elemento di regolazione	Vite a testa zigrinata
Fissaggio	A scelta: Montaggio a pannello Con foro passante Con accessori
Portata nominale normale in direzione di strozzatura	245 l/min
Portata nominale normale in direzione di non ritorno	430 l/min
Pressione d'esercizio	0,2 ... 10 bar
Temperatura ambiente	-10 ... 60 °C
Materiale del corpo	PA rinforzato
Posizione di montaggio	Qualsiasi
Fluido d'esercizio	Aria compressa a norma ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicazione sul fluido d'esercizio e di pilotaggio	E' possibile l'impiego con aria lubrificata (necessario poi per l'impiego successivo)
Temperatura del fluido	-10 ... 60 °C
Peso	22 g
Avvertenza sul materiale	Conforme a RoHS
Materiale guarnizioni	NBR
Materiale anello di smontaggio	POM
Materiale vite di regolazione	Acciaio fortemente legato

## Improvements

This version of Welding Machine is a prototype, so some future improvements are possible:

- The stroke of “upper cup” system will have to be longer and adjustable to allow for different BOB sizes.
- To improve the safety of the machine, a mobile screen may be installed in the bob area to prevent the operator from inserting his hands during the automatic processing cycle.
- The “lower cup” will be implemented with an aluminum arch for better centering of the BOB.

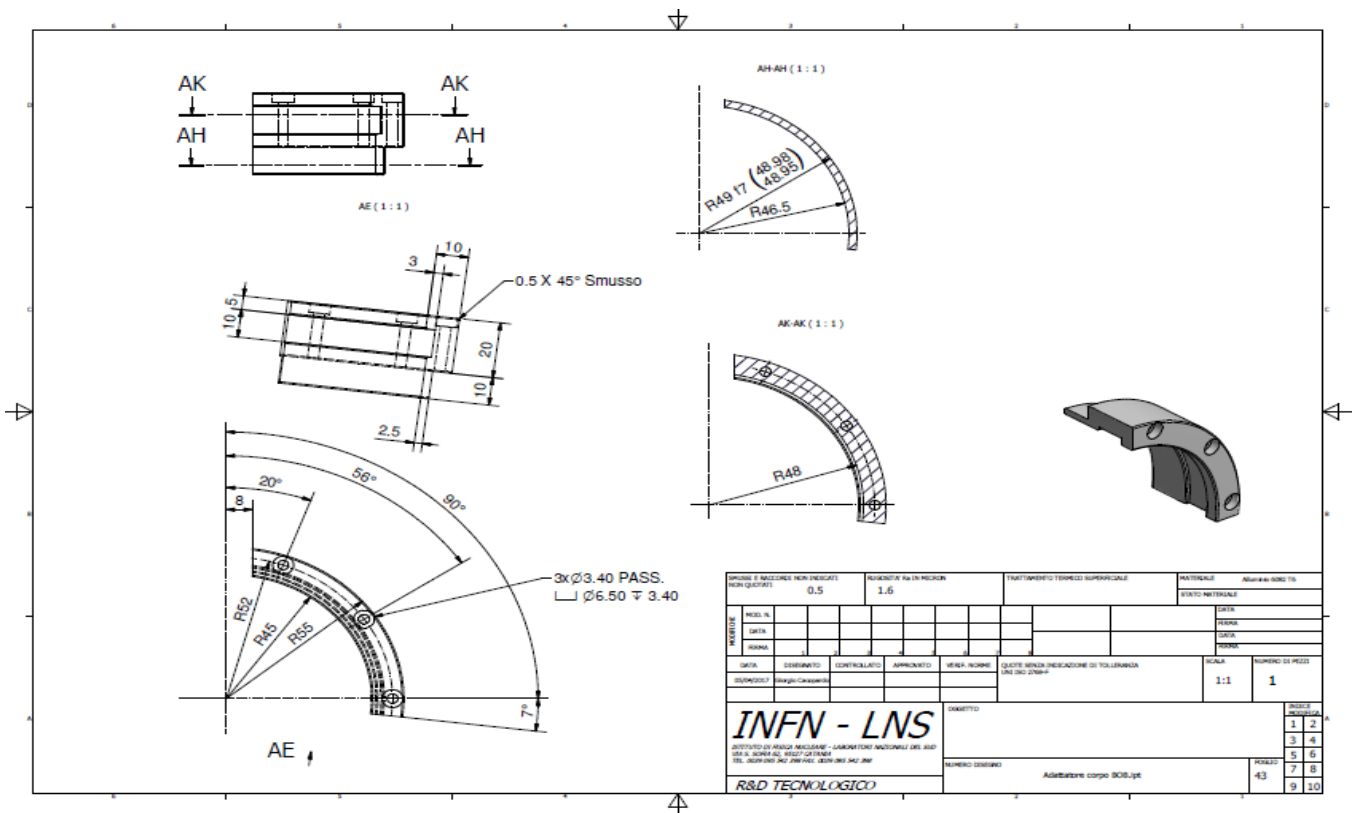


Figure 5: improvements

## REFERENCES

- [1] arXiv:1601.07459 [astro-ph.IM].
- [2] Adrián-Martínez, S., Ageron, M., Aharonian, F. et al. Eur. Phys. J. C (2016) 76: 54.
- [3] EPJ Web of Conferences 116, 01002 (2016).
- [4] I. Sgura. VEOC to DOMs and base container integration procedure, internal note KM3NeT\_INT\_2016\_004.