



OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.



**TERMINALE GALLEGGIANTE DI RIGASSIFICAZIONE
FSRU - TOSCANA**

Allegato 9

Idrofono digitale omnidirezionale Aguatech Smid Technology e sonda CTD



IDROFONO DIGITALE AGUATECH SMID TECHNOLOGY SERIE DH 200GP

Idrofono digitale Aguatech Smid Technology Serie DH 200GP per rilevazione di suoni a bassa frequenza e ampio spettro. Si tratta di idrofono omnidirezionale con 2 preamplificatori a basso rumore con 2 diversi valori di guadagno e 1 digitalizzatore A/D a 2 canali a 24 bit $\Sigma\Delta$ (frequenza di campionamento fino a 192 kHz) (Tabella 1).

Tabella 1. Caratteristiche idrofono

Sensibilità canale basso guadagno	dB re V/ μ Pa	-236 / - 186
Sensibilità canale alto guadagno	dB re V/ μ Pa	-198 / - 148
Range frequenza	Hz	10 -90.000
Frequenza di campionamento	KHz	100/200
Direzionalità	sferica	omnidirezionale
Rumore di ingresso equivalente	dB re 1 μ Pa/ \sqrt Hz	+24
Consumo	mW	800
Profondità massima	m	1.000

La registrazione avviene tramite acquisizione di segnale con software custom creato appositamente dal costruttore del sistema (Aguatech Smid Technology) per questo scopo.

Il segnale acquisito dall'idrofono viene preamplificato attraverso due canali con guadagni differenti al fine di avere una gamma dinamica più ampia e, quindi, raccogliere allo stesso tempo segnali molto deboli o molto forti senza saturazione.

Il segnale dell'idrofono e della sonda CTD vengono ricevuti dal Receiver (il ricevitore) in questo modo i dati acustici e non acustici sono integrati nello stesso flusso di dati digitali verso il ricevitore dry-end. Il ricevitore può funzionare in modalità stand-alone in quanto è dotato di due convertitori A/D per uscite analogiche da dati acustici e una porta seriale per l'uscita dati non acustici. L'intero flusso di dati è trasferito a un PC tramite un'interfaccia Ethernet per l'archiviazione dei dati e analisi. La modularità del sistema permette in ogni caso l'integrazione di qualsiasi dispositivo multiparametrico o profilatore di velocità del suono con uscita seriale.

Lo schema seguente riassume il processo di acquisizione dei dati acustici:

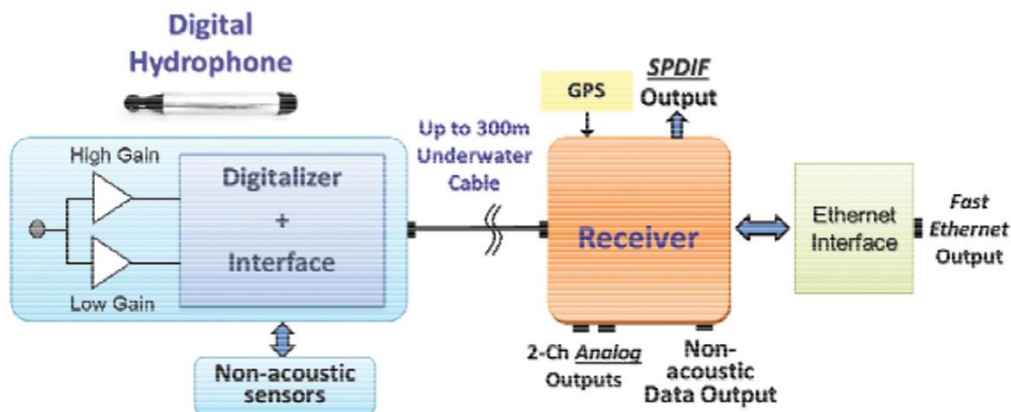


Figura 1. Diagramma del sistema di misura

Il Sistema permette:

- Selezione in tempo reale dei punti di misurazione riferiti al termoclino effettivo
- Posizionamento preciso dell'idrofono nella colonna d'acqua
- Ricezione continua dei dati
- La mappatura del rumore ambientale in una griglia di punti
- Distribuire il sistema lungo la colonna d'acqua per la stima SVP (in discesa o in salita)
- Visualizzazione e analisi in tempo reale dell'SVP
- Decidere dove condurre le misurazioni, ad esempio selezionando una profondità sopra e una profondità sotto il termoclino.

Prima calibrazione

Il sistema è stato inizialmente calibrato al CMRE in vasca. Le curve di sensibilità sono state calcolate sia per il guadagno basso che alto. La calibrazione è stata eseguita per confronto utilizzando un idrofono analogico di riferimento calibrato (RESON TC4034); il segnale digitale dell'idrofono è stato acquisito tramite le uscite analogiche del suo ricevitore digitale, dopo conversione D / A al fine di raccogliere dati con un sistema di acquisizione comune. I risultati della calibrazione dell'idrofono sono mostrati nella Figura 2 e Figura 3. Le curve in Figura 3 fanno riferimento al canale ad alto guadagno dell'idrofono. Ad alto guadagno la sensibilità dell'idrofono viene confrontata quando l'idrofono si trova in acqua senza la gabbia protettiva mentre il CTD era acceso e spento (plot in alto) e quando è all'interno della gabbia protettiva insieme al CTD (metà plot), con CTD sempre acceso e spento. Non c'è alcuna influenza da parte del CTD in tutta la banda misurata. Il confronto della curva di sensibilità quando l'idrofono è da solo o all'interno della gabbia insieme al CTD è mostrato in Figura 2. Questo mira a quantificare l'influenza del telaio e della cassa CTD sulla risposta dell'idrofono. Come previsto, c'è una certa influenza (riflessioni dalle strutture metallica) che provoca una deviazione dalla curva di riferimento (rispetto al solo idrofono) di a massimo di 4 dB.

La Figura 3 mostra le curve di sensibilità dei guadagni alto e basso dell'idrofono, quando l'idrofono all'interno dell'intero sistema integrato, con il CTD spento. Le due curve sono identiche, a parte la variazione della sensibilità (costante con la frequenza) corrispondente alla differenza tra i due valori di guadagno (36 dB).

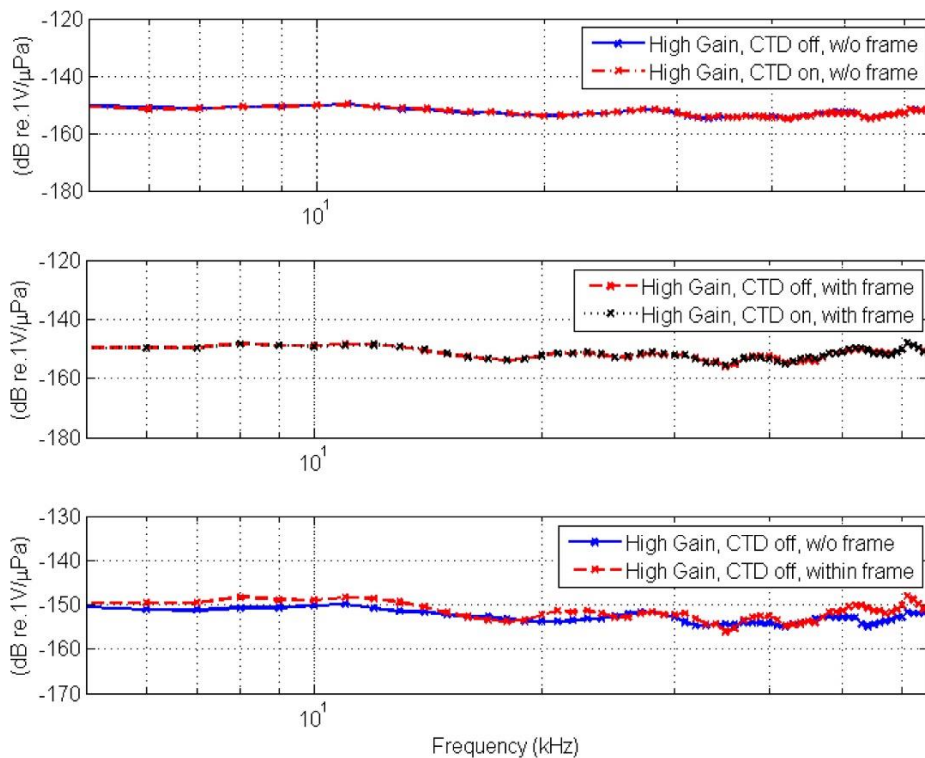


Figura 2. Curve di sensibilità (alto guadagno) misurate in varie condizioni

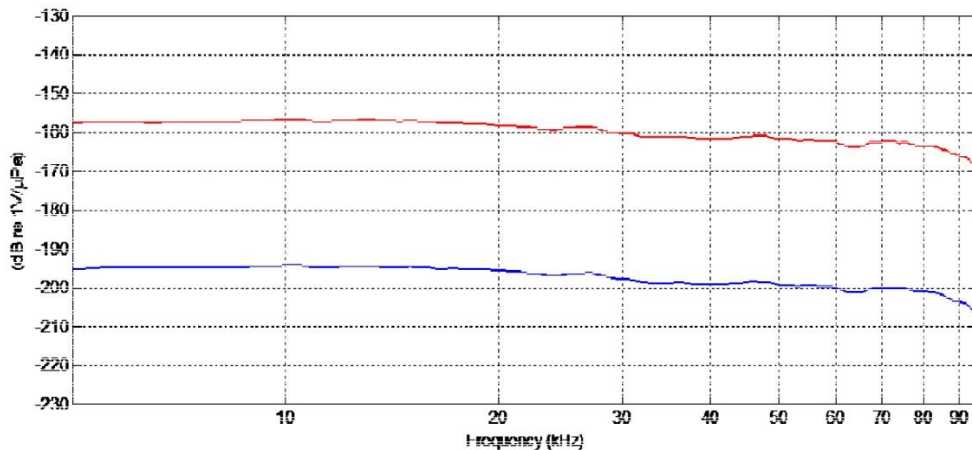


Figura 3. Curve di sensibilità rossa alto guadagno, blu basso guadagno con idrofono all'interno della gabbia protettiva

La possibile influenza del telaio meccanico e dell'idrofono sulle misure del CTD (in particolare la conducibilità) sono state verificate durante la calibrazione in vasca. Per prima cosa il CTD è stato testato in modalità stand-alone all'interno della vasca (Figura 4 plot in

alto). Successivamente all'intero della gabbia insieme all'idrofono. In quest'ultimo caso, i dati CTD sono stati integrati con i dati acustici e inviati al ricevitore del sistema in un flusso di dati digitali. Una leggera influenza sulla conducibilità è mostrata in Figura 4, che causa un valore leggermente diverso della velocità del suono in acqua tra le due condizioni. Nel test la temperatura dell'acqua era 23,44 °C e salinità 38,8 ‰. La variabilità rientra nella precisione del sensore. Gli effetti della presenza del telaio sulla conducibilità è tale comunque che la variazione della velocità del suono può essere considerata trascurabile dal punto di vista acustico (Tabella 2).

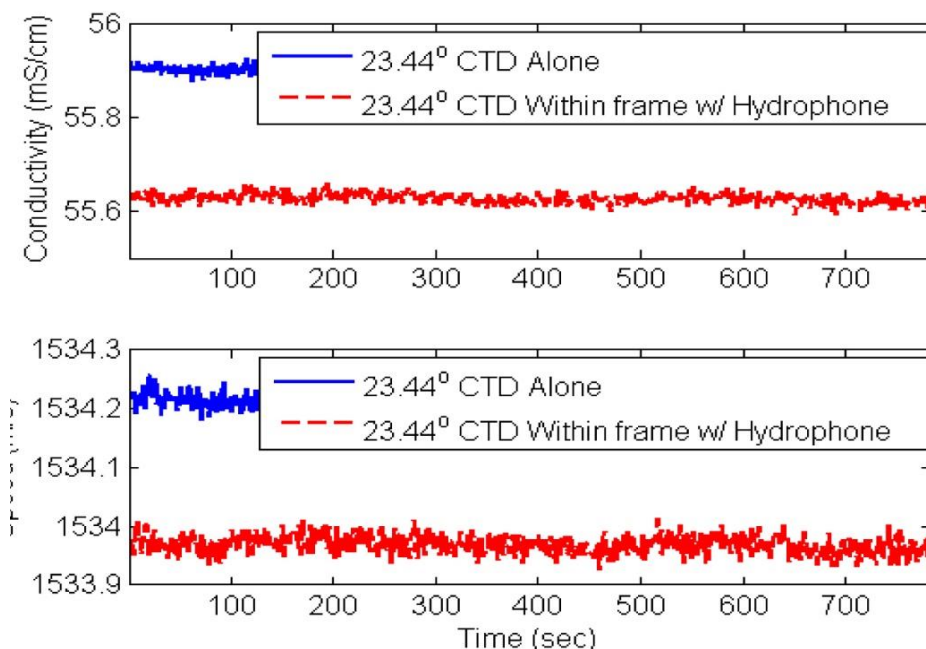


Figura 4. Conducibilità elettrica in vasca (plot in alto) e stima di velocità del suono in acqua (plot in basso)

Tabella 2. Confronti della conducibilità e velocità del suono in vasca

Variable	Mean value		Standard deviation Alone	
	Alone	w/ whole system	Alone	w/ whole system
Conductivity (mS/cm)	55.90	55.626	0.009	0.01
Sound Speed (m/s)	1534.21	1533.97	0.014	0.015

I test ed i valori qui rappresentati sono stati confermati dai monitoraggi in mare.

Seconda calibrazione

Una seconda calibrazione è stata effettuata nel 2019 nella vasca acustica di CO.L.MA.R. s.r.l. di La Spezia. Per la calibrazione è stato utilizzato uno standard normativo del tipo ANSI/ASA S1.20:2012.

Per i canali analogici sono state calcolate le curve di sensibilità prendendo le uscite dei due canali LS e HS del ricevitore e mandandoli all'acquisitore. La calibrazione è avvenuta per riferimento utilizzando un idrofono Colmar mod GP0280 SN103 e un trasduttore ITC1001. In Figura 5 sono rappresentate le curve dei 2 canali.

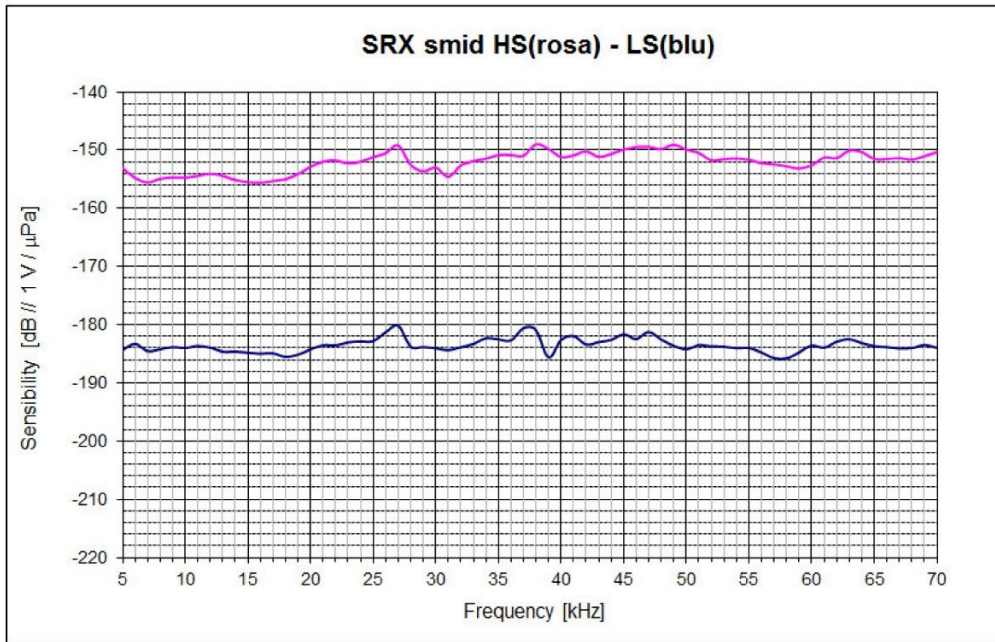


Figura 5. Curva alto guadagno (linea rosa) e basso guadagno (linea blu).

Per quanto riguarda la calibrazione del segnale digitale, si riporta di seguito è una tabella con i valori determinati durante le misure. Al valore di pressione acustica registrato dall'idrofono di riferimento ad una determinata frequenza si associa il valore in dB re fondo scala ADC, ottenendo così la sensibilità espressa in dB re fondo scala ADC/uPa. Per leggere i segnali digitali e quindi i valori uPc riferiti al fondo scala ADC è stato utilizzato il programma Audacity (Tabella 3).

Tabella 3. Valori misurati sul canale digitale.

freq	sensibilita SN103	veff SN103 (dB re 1Vrms)		dB re 1uPa	uPC rif fondo scala ADC *	dB re fondo scala ADC/uPa
5000	-170,3154557	-16,30617138	0,153	154,0092843	0,45	-160,945034
7000	-170,6667036	-26,1960784	0,049	144,4706252	0,2	-158,4500253
9000	-171,0533734	-25,67993313	0,052	145,3734403	0,45	-152,30919
11000	-171,4673312	-11,0258736	0,281	160,4414576	1	-160,4414576
13000	-171,9009212	-16,19336604	0,155	155,7075552	0,75	-158,2063299
15000	-172,3489657	-17,13970399	0,139	155,2072617	0,9	-156,1224115
17000	-172,7987651	-16,83275016	0,144	155,9660149	0,85	-157,3776364
19000	-173,250098	-18,48906077	0,119	154,7610372	0,65	-158,5027701
21000	-173,695221	-21,61843815	0,083	152,0767828	0,5	-158,0973828
23000	-174,1286889	-21,41162149	0,085	152,7172474	0,55	-157,9099937
25000	-174,5462547	-23,47850395	0,067	151,0677507	0,45	-158,0035005
27000	-174,9430693	-21,61843815	0,083	153,3246311	0,7	-156,4226703
29000	-175,3154819	-17,32922183	0,136	157,98626	0,95	-158,4317879
31000	-175,6601397	-21,11034656	0,088	154,5497931	0,57	-159,432296
33000	-175,9741681	-22,15810795	0,078	153,8160602	0,6	-158,2530352
35000	-176,2551707	-17,45790403	0,134	158,7972667	1	-158,7972667
37000	-176,501229	-21,41162149	0,085	155,0896075	0,8	-157,0278077
39000	-176,7109027	-21,11034656	0,088	155,6005561	0,7	-158,6985953
41000	-176,8832297	-24,15216621	0,062	152,7310635	0,65	-156,4727964
43000	-177,017726	-24,73144013	0,058	152,2862859	0,55	-157,4790321
45000	-177,1143857	-26,37517525	0,048	150,7392104	0,53	-156,253693
47000	-177,1736809	-27,95880017	0,04	149,2148807	0,5	-155,2354807
49000	-177,196562	-27,95880017	0,04	149,2377619	0,38	-157,6420899
51000	-177,1844575	-32,04119983	0,025	145,1432576	0,22	-158,294804

*=letto da audacity (1= full scale, 2uPCpp audacity)

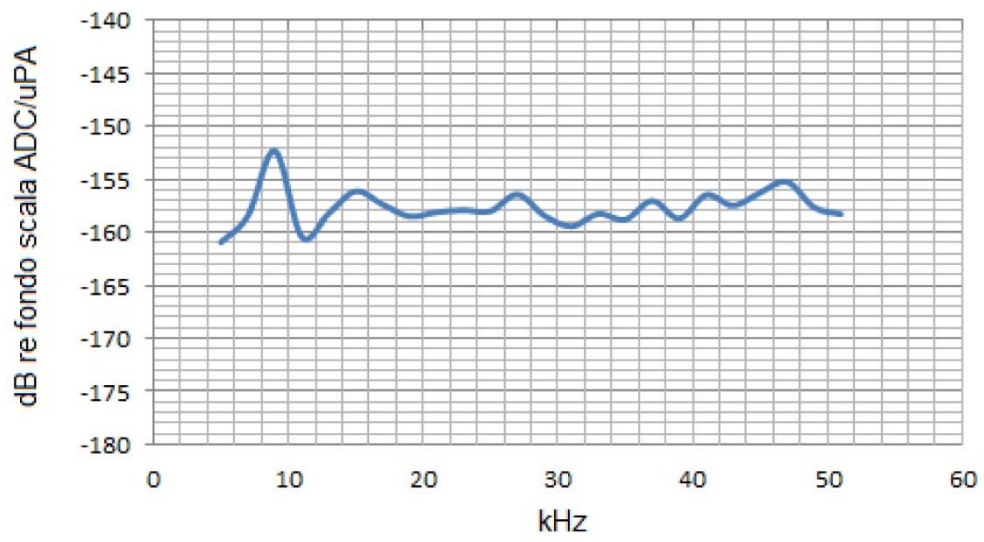


Figura 6. Curva di sensibilità in dB fondo scala ADC/uPa

Di seguito si riporta l'allegato A: scheda tecnica della casa produttrice con le caratteristiche dello strumento.



DH SERIES DIGITAL HYDROPHONES

LOW-NOISE, LOW-POWER DIGITAL HYDROPHONES

The DH SERIES is a family of low noise low power digital hydrophones usable in a very wide range of applications:

- **Shallow water applications**

It can be deployed from surface platforms (Vessels, Shore Labs, Buoys) through an underwater cable

- **Deep water applications**

It can be part of the payload of deep water platforms (AUVs, ROVs, Underwater Observatories)

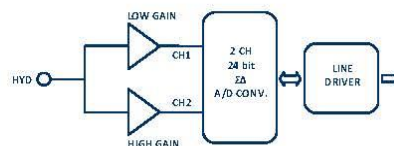


MODEL DH800

MAJOR FEATURES

The two channels 24 bits $\Sigma\Delta$ A/D converter with two different preamplifier gains allows:

- Very wide dynamic range
- Simultaneous measurements on both channels
- High pressure level signal on low gain channel
- Very weak signals on high gain channel



BLOCK DIAGRAM of DIGITAL HYDROPHONE

ADVANTAGES COMPARED to ANALOG HYDROPHONES

Digitalizer close to hydrophone grants:

- Complete immunity from any kind of disturb (e.g. cross talk, external electromagnetic interferences, etc)
- No loss of signal due to cable length in the whole bandwidth (especially critical at High Frequency)

SMID TECHNOLOGY, a Sitem Italia Company. Via Vincinella 14, S.Stefano Magra, La Spezia, Italy
Tel. +39-0187-695911, Fax: +39-0187-630503, www.smidtechnology.it, info@smidtechnology.it

MODELS

For SHALLOW WATER

- DH 100: Low cost, Low power, measurements in Audio Band
- DH200GP: Very low noise, general purpose use
- DH200HS: Very high acoustic level measurement (e.g. airgun)
- DH800: High performance device for scientific use. The system integrates Front End and depth sensor

For DEEP WATER

- DH600: Very low power, very low noise; working depth: 4.000 meters

TECHNICAL DATA

Model		DH100	DH200GP (DH200HS <i>Note 1</i>)	DH600	DH800 (<i>Note 2</i>)
Sensitivity of low gain channel @ 10 kHz	dB re 1V/μPa	- 186	- 186	- 186	- 196
Sensitivity of high gain channel @ 10 kHz	dB re 1V/μPa	- 148	- 148	- 148	- 158
Frequency range	Hz	20 to 48000	10 to 90000	10 to 90000	4 to 90000
Sampling Frequency	kHz	96	100/200	100/200	50/100/200
Beam pattern	°	OMNIDIRECTIONAL			
Equivalent input noise (high gain ch @ 10 kHz)	dB re 1 μPa/√Hz	+ 35	+ 24	+ 37	+ 20
Maximum driven cable length	m	200	100	100	300
Power consumption	mW	700	800	150	850
Length	mm	180	180	180	250
Diameter	mm	30	30	35	40
Standard output connection		cable	cable	cable	underwater connector
Maximum depth	m	700	1000	4000	1000
Depth sensor range	m	-	-	-	300

Note 1

Model **DH200HS** has the same technical specification as **DH200GP** but it is devoted to High Acoustic Level Measurements

DH200HS allows the user to select two sensitivities per channel, hence allowing the measurement of acoustic levels from '0' sea state to those emitted by high-power active sources (e.g., air gun array):

- Low Gain sensitivity - 236 / - 186 dB re 1V/μPa
- High Gain sensitivity - 198 / - 148 dB re 1V/μPa

Note 2

Model **DH800** is a high performance device for scientific measurements including depth sensor.

Front End parameters can be separately selected from SMID Receive Platform:

- Variable Gain Amplifier 0 – 20 – 40 dB
- Variable High Pass Filter (low gain ch) 4 Hz – 200 Hz – 1 kHz
- Variable High Pass Filter (high gain ch) 20 Hz – 1 kHz - 10 kHz
- Sampling Frequency 50 kHz - 100 kHz - 200 kHz

Specification may be changed without notice

SMID TECHNOLOGY, a Sitem Italia Company. Via Vincinella 14, S.Stefano Magra, La Spezia, Italy
Tel. +39-0187-695911, Fax: +39-0187-630503, www.smidtechnology.it, info@smidtechnology.it

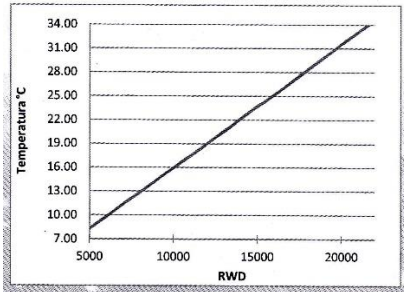
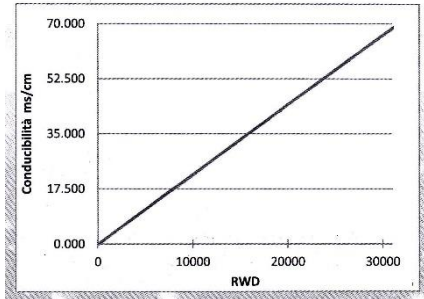
LA SONDA CTD

Sonda multiparametrica CTD Ageotec IMSV con sensori Sonda con sensori CTD per calcolare direttamente la velocità del suono in acqua. I dati sono registrati su file con PC dedicato mediante il software APWin creato dalla casa costruttrice della sonda, con visualizzazione in tempo reale del profilo verticale di temperatura e di tutti i parametri indicati nella descrizione dello strumento.

Tabella 4. Caratteristica sonda multiparametrica

Velocità del suono	Range m/sec	1.350-1.600
	Risoluzione m/sec	0.001
	Accuratezza m/sec	± 0.060 (P=2000 dbar) ± 0.045 (P=100 dbar)
Temperatura	Range °C	-2 ~ 38
	Risoluzione °C	0.001
	Accuratezza °C	± 0.01
Conducibilità	Range S/cm	0~70
	Risoluzione S/cm	0.001
	Accuratezza S/cm	± 0.01
Pressione	Range dbar	0~2000
	Risoluzione dbar	0.03
	Accuratezza dbar	± 1
Salinità	Range ppt	0~40
	Risoluzione ppt	0.001
	Accuratezza ppt	± 0.01

Ultima calibrazione della sonda anno 2019 (calibrazione effettuata dalla casa costruttrice ogni 5 anni o qualora si monitorino misure anomale). In Figura 7 sono rappresentati i valori della calibrazione effettuata.

Sensore temperatura	<p>Andamento grafico</p> 	$A(0) = 7.501334E-01$ $A(1) = 1.500675E-03$ $A(2) = 1.699932E-09$
Sensore conducibilità	<p>Andamento grafico</p> 	$A(0) = -1.666842E-01$ $A(1) = 2.231004E-03$ $A(2) = -4.642796E-10$

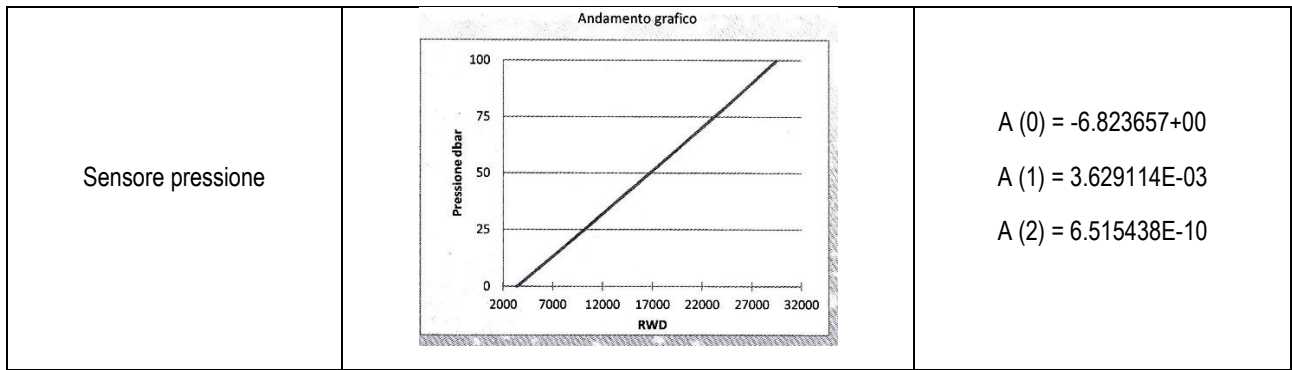


Figura 7. Valori di calibrazione

Di seguito si riporta allegato B: scheda tecnica della casa produttrice con le caratteristiche dello strumento.



IMSV



Probe with CTD sensors for real time Sound Velocity calculation in water

Slim model for vessel mounting (IMSV)
Standard model for profiling (IMSVP)

APPLICATIONS

- Vessel mounting: ships, sub marines, ROV, AUV
- Calibration of acoustic systems (MBE, SBE)
- Direct reading and self-recording profiling
- Sound Velocity calculated with Chen and Millero formula

PERFORMANCES

- High stability
- Simple interfacing with other devices
- Memory capacity up to 200.000 data sets
- Operating depth of 2000 metres
- More reliable and strengthen the n the devices based on SV sensor

<p>AGEOTEC s.p.a. s.o. unico direzione generale e commerciale: via prati 1/1 - loc. ponte ronca 40069 zola predosa (bo) italy phone +39 051 6 139 382 fax +39 051 613 6159 cf/p.i. 0242 8191 205</p>	<p>underwater technologies division: via del balett i, 34 22077 olegiate comasoo (co) italy phone +39 031 990529 fax +39 031 943564</p>	<p>oceanographic technologies division: via volturmo, 22R 16129 genova (ge) italy phone +39 0105 86194 fax +39 010 588244</p>
<p>Sede legale: via calza vecchio, 29 - 40033 casalechio di reno (bo) italy Numero di iscrizione al Registro Imprese di Bologna 02428191205; r.e.a. bologna 438740; capitale sociale euro 10.500.000 i.v. soggetta al coordinamento e controllo della LIGHTHOUSE GROUP al socio unico p.i. 0258771203</p>		

TECHNICAL SPECIFICATION

<p>Sound velocity Range: 1350÷1600 m/sec Resolution: 0.001 m/sec Accuracy: ± 0.060 m/sec (P = 2000 dbar) ± 0.045 m/sec (P = 100 dbar)</p> <p>Temperature Range: -2÷38 °C Resolution: 0.001 °C Accuracy: ± 0.01 °C</p> <p>Conductivity: Range: 0÷70 mS/cm Resolution: 0.001 mS/cm Accuracy: ± 0.01 mS/cm</p> <p>Pressure: Range: 0÷2000 dbar 0÷100 dbar Resolution: 0.03 dbar 0.002 dbar Accuracy: ± 1 dbar ± 0.1 dbar</p> <p>Salinity: Range: 0÷40 ppt Resolution: 0.001 ppt Accuracy: ± 0.01 ppt</p>	<p>Internal memory: 4 Mbyte (200.000 data sets)</p> <p>I/O interface: Connector: MCBH6M Output: RS232 Baud Rate: 9600</p> <p>Electrical: Supply: 7÷30 VDC Current: 30mA Internal battery: 8 Ah lithium (IMSVP only)</p> <p>IMSV dimensions: Diameter: 50 mm Length: 250 mm (excluding connector) Weight: 980 gr (in air) Material: Titanium</p> <p>IMSVP dimensions: Diameter: 75 mm Length: 490 mm Weight: 4000 gr (in air) Material: AISI316L stainless steel</p> <p>Environmental: Pressure: 200 bar Temperature: -5÷55 °C</p>
---	--

COMMUNICATIONS

Pin	Function
1	RX RS232 - Programming Port
2	TX RS232 - Programming Port
3	GND
4	Power supply (from 5 to 30 VDC)
5	TX RS232 - Data Output (*)
6	n.c.

(*) Typical data output formats:

TTT.TTTT,CC.CCCCC,PPPPP.PPP,SSSS.SSSS,VVVVV.VVV<CR><LF>

or

<space>VVVV.VVV<CR><LF>

Field	Name	Unit
TTT.TTTT	Temperature	°C
CC.CCCCC	Conductivity	S/m
PPPPP.PPP	Pressure	dbar
SSSS.SSSS	Salinity	ppt
VVVVV.VVV	Sound Velocity	m/s

AGEOTEC s.r.l. sede unica: direzione generale e commerciale: via prati 1/1 - loc. ponte ronca 40069 zola predosa (bo) ita ly phone: +39 051 6132382 fax: +39 051 613615 9 cf/p.i. 02428191205	underwater technologies division: via dei baletti, 34 22077 olgiate comasco (co) ita ly phone: +39 031 930623 fax: +39 031 949564	oceanographic technologies division: via volturno, 22R 16129 genova (ge) ita ly phone: +39 010 581394 fax: +39 010 588244
Sede legale: via calzavacchio, 23 - 40033 casale d'elire (bo) ita ly Numero di iscrizione al Registro Imprese di Bologna 02428191205; r.e.a. Bologna 498740; capitale sociale euro 1.0.500.001 i.v. soggetta a coordinamento e controllo della LIGHTHOUSE GROUP s.r.l. a socio unico p.i. 02583771203		

GP1280 Hydrophone



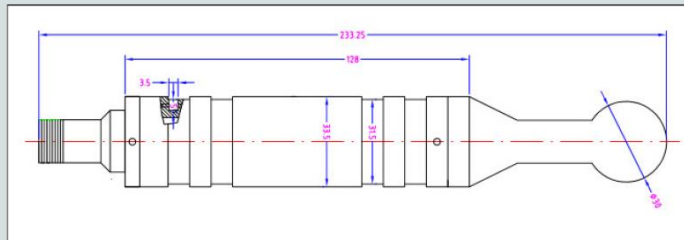
The GP1280 is a preamplified, omnidirectional hydrophone, a professional tool suitable for a wide range of applications. Its low self noise and high sensitivity makes it especially suited for ambient noise measurements and recording the acoustic signature of mammals.



- High sensitivity
- Low self noise (" below sea state zero")
- Wide frequency range
- Single or balanced output
- Calibration input
- Customizable in gain and filtering
- Long term deployment, corrosion proof

www.colmaritalia.it

Working band:	5-90.000 Hz
High pass filter on preamplifier :	Customizable (on demand)
Balanced output sensitivity:	-163 dB re 1V / uPa @ 5kHz (customizable)
Single output sensitivity:	-169 dB re 1V / uPa @ 5kHz (customizable)
Directivity :	Spherical - Omnidirectional
Max working depth :	1000 m
Gain @5kHz:	30 dB (single output), 36dB (balanced output)
Equivalent input acoustic noise @5kHz:	32 dB re 1uPa / sqrtHz
Input impedance:	100 MOhm
Supply voltage range:	11.5-30 Vdc
Current consumption:	9 mA @ 12 Vdc
Output voltage swing:	6Vpp (single output), 12 Vpp (balanced output)
Weight in air:	500 gr
Body construction:	Stainless steel AISI316 or POMC + internal steel core
Dimensions:	233,25 x 33,5 mm
Packaging:	Pelicasa mod.1170



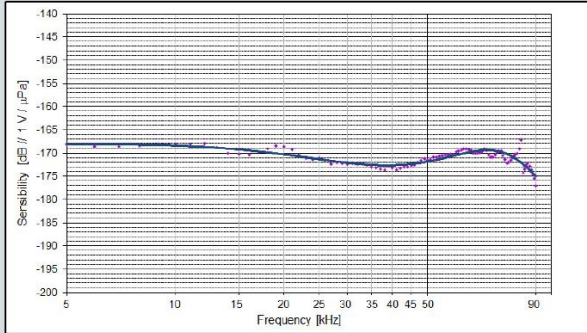
CO.L.MAR. S.r.l. via delle Pianazze, 74 - 19136 La Spezia (Italy)
 Tel +39 0187 982590 Fax 943461 P.I.00742150113
 e-mail colmar@colmaritalia.it www.colmaritalia.it



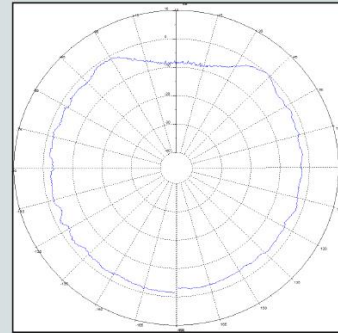
GP1280 Hydrophone



Receiving sensitivity (single output)



Vertical directivity pattern @ 60kHz



Accessories and optional configurations

- Protective frame
- Protective frame with suspension system for vibration damping
- Portable and rugged receiving unit fitted with variable gain adjustment, rechargeable battery, audio output, headphones output with volume knob, calibration signal.



Also available

- GP1280M model (without connector).
- Low Power version (from 3.1 Vdc to 5.5 Vdc, supply <5mA).
- Ultra deep (up to 2000m) version.
- Custom cable lengths and connectors.
- POMC Body for long term deployments



CO.L.MAR. S.r.l. via delle Pianazze, 74 - 19136 La Spezia (Italy)
 Tel +39 0187 982590 Fax 943461 P.I.00742150113
 e-mail colmar@colmaritalia.it www.colmaritalia.it



Di seguito si riporta allegato C: documento relativo alla calibrazione in vasca dell'idrofono digitale SMID mod DH200 eseguita a Febbraio 2019 presso il centro CO.L.MAR. di La Spezia.

Cetus



Calibrazione in vasca dell'idrofono digitale SMID mod DH200

Febbraio 2019

Our reference:
Author:

manual n°130219
Ing. Pietro Barbagelata

CO.L.MAR. srl
Via delle Pianazze 74, 19136 - La Spezia -Italy
tel.+39 0187 982590 fax +390187943461
email: colmar@colmaritalia.it

