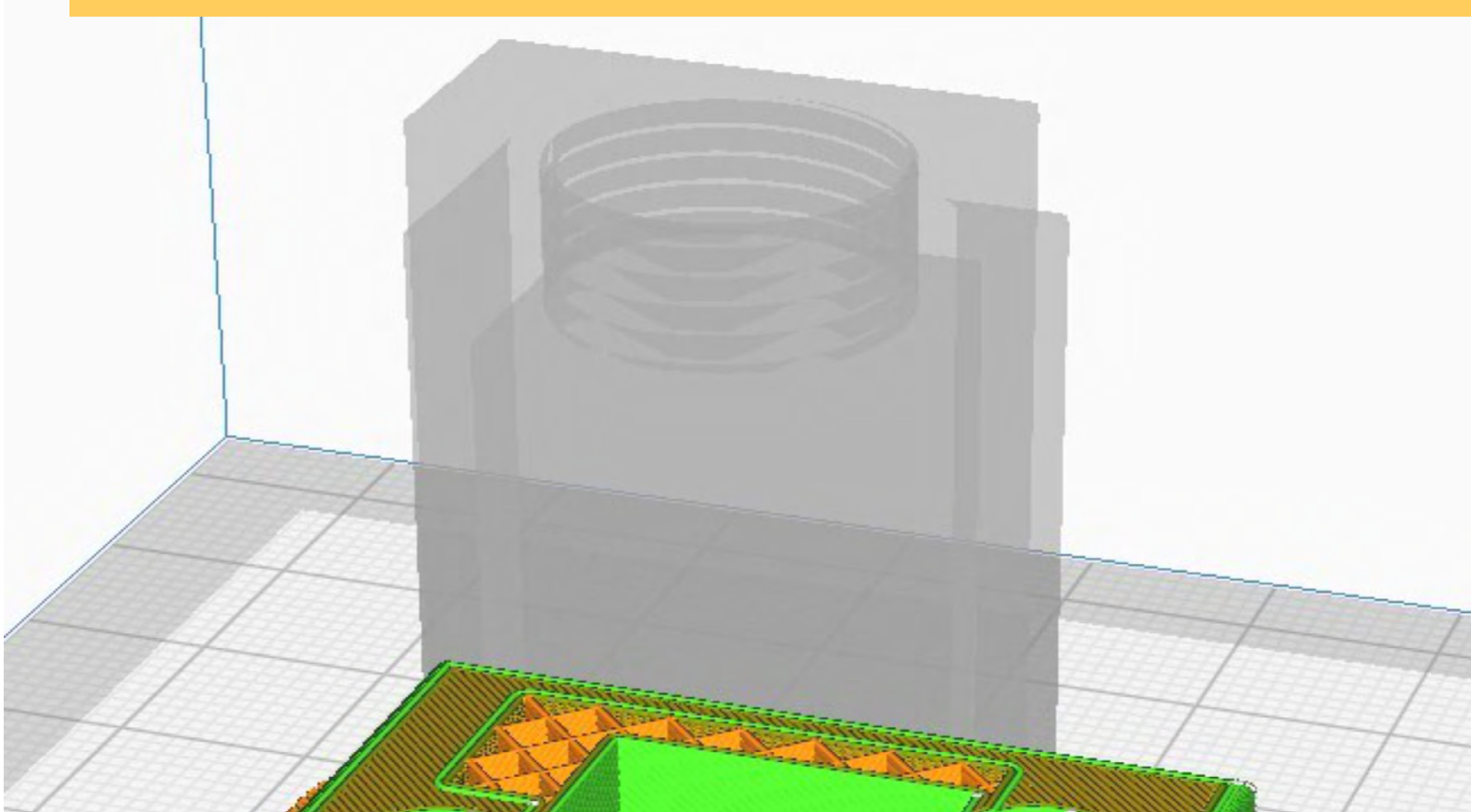




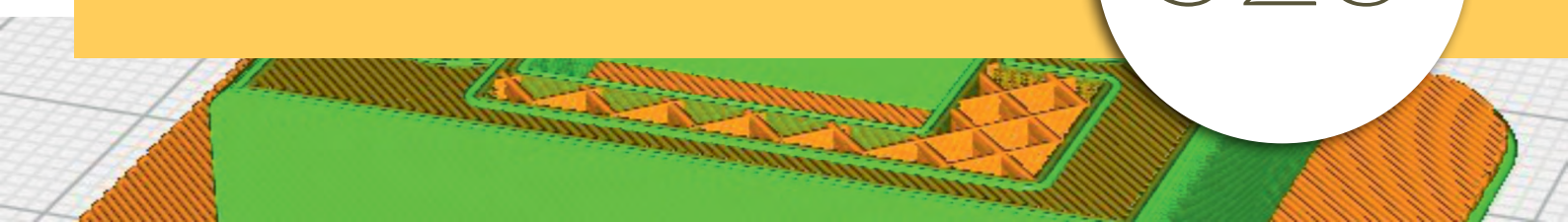
RAPPORTI TECNICI INGV

Creazione con stampa 3D di un cappuccio
impermeabile per la porta RJ45 del
sistema IoT First Smart LNB – Egatel
ODU GEN3 PoE



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

523



**Direttore Responsabile**

Daniela VERSACE

Editor in Chief

Milena MORETTI

Editorial Board

Laura ALFONSI

Sofia BARANELLO

Carla BARNABA

Christian BIGNAMI

Simona CARANNANTE

Maria Grazia CIACCIO

Luca COCCHI

Luigi CUCCI

Lorenzo CUGLIARI

Elisabetta D'ANASTASIO

Alessia DI CAPRIO

Roberto DI MARTINO

Domenico DI MAURO

Domenico DORONZO

Filippo GRECO

Alessandro IAROCCI

Mario MATTIA

Daniele MELINI

Anna NARDI

Lucia NARDONE

Marco OLIVIERI

Arianna PESCI

Pierangelo ROMANO

Paola SBARRA

Davide SCAFIDI

Maurizio SOLDANI

Sara STOPPONI

Umberto TAMMARO

David ZULIANI

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.173 | 2014, 23 LUGLIO

© INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Presidente INGV

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma

Tutti i diritti riservati

www.ingv.it



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

Creazione con stampa 3D di un cappuccio impermeabile per la porta RJ45 del sistema IoT First Smart LNB – Egatel ODU GEN3 PoE

Creation via 3D printing of a waterproof housing for the RJ45 connection of IoT First Smart LNB – Egatel ODU GEN3 PoE

Andrea Terribili*, Augusto Bucci, Sandro Rao

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

*Corresponding author

Accettato 13 maggio 2026 | Accepted 13 May 2026

Come citare | How to cite Terribili, A., Bucci, A., Rao, S. (2026). Creazione con stampa 3D di un cappuccio impermeabile per la porta RJ45 del sistema IoT First Smart LNB – Egatel ODU GEN3 PoE. *Rapporti Tecnici INGV*, 523, 1-28. <https://doi.org/10.13127/rpt/523>

In copertina Involucro in fase di slicing | Cover Support during slicing phase

523

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	<i>7</i>
Introduzione	8
1. Prototipazione	8
1.1 Ispezione del LNB	8
1.2 Progettazione del prototipo	9
1.3 Rappresentazione su CAD	10
1.3.1 Proiezioni ortogonali	10
1.3.2 Modello tridimensionale	11
1.3.3 Sezionamento	12
2. Realizzazione dei prototipi	13
2.1 Prototipo filettatura PG9	13
2.2 Prototipi di test	14
3. Test	15
3.1 Test di resistenza	15
3.2 Test di infiltrazione	15
3.3 Test in campo	17
4. Conclusioni	18
Ringraziamenti	18
Bibliografia	18
Sitografia	18
Appendice	21

Riassunto

Per aggiornare i propri sistemi di trasmissione dati, inerenti alle stazioni multiparametriche, l'Osservatorio Nazionale Terremoti (ONT), sezione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), ha deciso di dotarsi dei nuovi sistemi satellitari in *Ku-band*. Questo sistema, rispetto a quello in *Ka-band* precedentemente impiegato, dovrebbe garantire un flusso dati più stabile con una banda di frequenza più robusta ed immune ad eventuali disturbi atmosferici, tali da permettere la ricezione migliore dei dati, sismici e geodetici, inviati dalle stazioni. Inoltre, data l'obsolescenza e futura dismissione della *Ka-band* per la trasmissione dati, questo nuovo sistema garantirebbe il supporto tecnico per i futuri aggiornamenti *Over-The-Air*, forniti dal provider, per assicurare l'operabilità a lungo termine dell'apparato e di conseguenza la continuità del flusso dati della stazione.

Il principale problema riscontrato nasce dal fatto che il convertitore LNB (*Low Noise Block converter*) o ODU (*Outdoor Device Unit*), componente del nuovo apparato denominato commercialmente *IoT First*, non presenta una caratteristica adatta allo scopo: il cavo di rete entrante nel LNB, che consente il flusso dati e l'alimentazione del sistema, è connesso ad una porta RJ45 non protetta dalle intemperie.

Il rivenditore, "MBI Group s.r.l.", dai test effettuati nella loro sede di Pisa, non ha riscontrato particolari problemi ma, le stazioni multiparametriche INGV essendo ubicate in luoghi remoti e di difficile accesso (campagna, montagna, ambienti marini) ed esposti agli agenti atmosferici, potrebbero presentare particolari complicazioni per questo apparato.

È nata quindi la necessità di sviluppare un involucro di protezione stagno per il connettore LNB, a costo-zero, servendosi della tecnologia di stampa additiva in 3D e progettazione tramite software CAD.

Abstract

To upgrade its data transmission devices, for multiparameter stations, the INGV National Earthquake Observatory (ONT) has decided to equip itself with new Ku-band satellite systems. Compared to the Ka-band system previously used, this system should ensure a more stable data flow with a stronger frequency band and immunity to atmospheric noises, such as to allow better reception of seismic and geodetic data sent by the stations. Furthermore, given the obsolescence and future decommissioning of the Ka-band data transmission mode, this new system would ensure technical support for future Over-The-Air updates to permit the long-term operability of the device consequently the continuity of the station's data flow.

The main problem is that the LNB (Low Noise Block converter) or ODU (Outdoor Device Unit) a component of the new equipment, commercially called "IoT First" does not have a feature suitable for the purpose: the network cable entering the LNB, which allows data flow and power supply, is connected to a non-waterproof RJ45 port.

The dealer, "MBI Group s.r.l.", from tests conducted at its headquarters in Pisa, has not encountered any problems. However, the INGV multiparameter stations, being in remote and difficult-to-access locations (countryside, mountains, marine environments) and exposed to atmospheric agents, could present complications for this equipment.

Therefore, the need to develop a zero-cost waterproof protective shell for the LNB connector, using 3D printing technology designed by CAD software.

Introduzione

Per connettere in sicurezza il cavo di rete del sistema di trasmissione dati, al convertitore LNB (*Low Noise Block converter*) e scongiurare possibili infiltrazioni di acqua e sporcizia all'interno del connettore ethernet, è stato progettato e realizzato un cappuccio di protezione che si installi direttamente sul corpo metallico del LNB e permetta il passaggio del cavo, previa crimpatura del connettore RJ45 maschio, e che lo inglobi completamente isolandolo dall'esterno.

Per la progettazione è stato necessario effettuare misurazioni sul corpo del convertitore LNB per verificare le dimensioni massime, le distanze dei fori e gli ingombri del connettore ethernet. Con questi dati, il cappuccio è stato dimensionato tramite software CAD sia in 2D per gli schemi, sia in 3D per realizzare il file sorgente nel formato adatto alla stampa additiva.

Ottenuto il file, con un software di *slicing* sono stati scelti lo spessore delle pareti, il tipo di riempimento e la gradazione di stampa. I prototipi, per le prove dimensionali del cappuccio, sono stati stampati in "PLA" (acido polilattico), mentre per i test e l'applicazione in campo, è stato stampato in "PETG" (Polietilenetereftalato Glicole) per le sue proprietà meccaniche e chimiche più adatte ad impieghi in ambiente esterno e al contatto con l'acqua [Moreno et al., 2021]. Tutti i prototipi sono stati realizzati con una stampante 3D FDM (*Fused Deposition Modeling*) [1], un metodo economico e facilmente concretizzabile.

1. Prototipazione

Per accertare la fattibilità dell'idea, sono stati analizzati: la struttura e le dimensioni del LNB, per verificare il punto di ancoraggio del cappuccio, con gli ingombri minimi e massimi da rispettare.

1.1 Ispezione del LNB

Il componente LNB (Figura 1) è l'unità che si trova nel "fuoco" della parabola, del sistema "IoT First", ed è deputato alla trasmissione/ricezione del segnale satellitare, amplificandolo e convertendolo in una banda di frequenza differente di quella in ingresso [2]. Questo modello specifico, prodotto e commercializzato da *Egatel S.L.* [3] possiede un corpo in alluminio con pareti in acciaio, di dimensioni 152x113x46 mm, alettato per la dissipazione del calore. Presenta sulla parte laterale superiore il filtro di protezione (fissato tramite quattro viti) e sulla parte inferiore: un connettore coassiale marcato TEST (per la connessione di un analizzatore di spettro), una vite marcata GND (per il potenziale di terra) ed un connettore RJ45 di comunicazione con l'IDU (*Indoor Device Unit*), oggetto per il dimensionamento dell'involucro.

Figura 1 Unità LNB ODU GEN3 PoE.
Figure 1 ODU GEN3 PoE Unit.



Il connettore femmina RJ45 da pannello, ancorato sulla parte inferiore, è fissato mediante due viti tipo Torx alla struttura. La sagoma del connettore da pannello è rettangolare, alto circa 12 mm, con due appendici laterali alternate per il fissaggio.

Sono presenti due fori ciechi liberi filettati tipo M3, passo 0.5 mm e profondi 6 mm, in configurazione alternata. Per l'installazione del cappuccio, è stato pensato di utilizzare questi due fori in modo da fissarlo alla base del LNB (Figura 2).

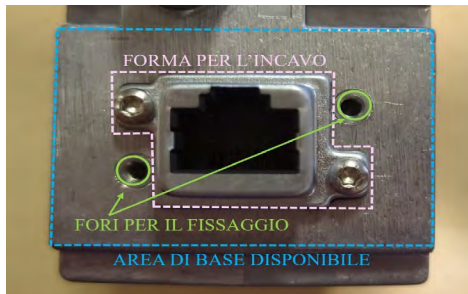


Figura 2 Dimensioni da rispettare per la progettazione ed il fissaggio del cappuccio.

Figure 2 Dimension to be respected for the design and fixing of the shell.

Con il cavo ethernet, inserito nel connettore RJ45, l'altezza totale diventa circa 24 mm. Questa dimensione è necessaria per decidere l'altezza minima della sagoma interna al cappuccio, in modo da non interferire con il fissaggio sulla base (Figura 3).

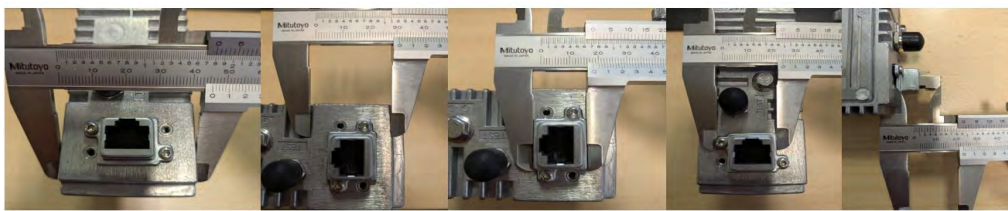


Figura 3 Principali dimensioni da rispettare nella la progettazione.

Figure 3 Main sizes to be respect in the design.

1.2 Progettazione del prototipo

Per prima cosa è stata eseguita una bozza di massima del componente, con gli ingombri da rispettare e i giusti margini da mantenere per permettere il passaggio del cavo, la connessione facilitata del connettore e il fissaggio alla base (Figura 4).

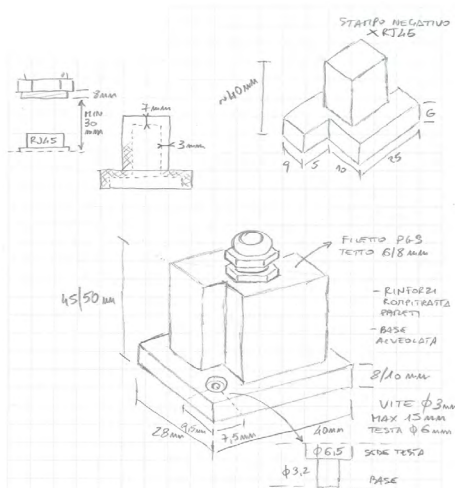


Figura 4 Bozza originale del primo prototipo.

Figure 4 Original sketch of the first prototype.

La sagoma della base del cappuccio, che sarà fissata alla struttura, risulta più larga della parte sovrastante per permettere il margine corretto per l'inserimento delle viti, vincolato dai fori già presenti sulla struttura. La parte che si sviluppa in altezza è riservata ad ospitare l'innesto dei connettori RJ45 e una porzione di cavo in uscita crimpato al connettore maschio. La forma dalla volumetria interna è regolare, mentre le pareti esterne si sviluppano in altezza ricalcando la forma del connettore metallico del LNB (quadrato con alette alternate).

Per facilitare l'inserimento e la successiva sigillatura del cavo al cappuccio, si è pensato di inserire un pressacavo con filettatura PG9 [4], quindi da progetto, sulla parte superiore è stata prevista una filettatura interna per l'accoppiamento con quest'ultimo (Figura 5).

Filetto PG secondo DIN 40430

Filetto Metrico	Ø D1	P	Ø D2	Ø D3
PG 7	12,5	1,27	11,3	12,8 - 0,2
PG 9	15,2	1,41	13,9	15,5 - 0,2
PG 11	18,6	1,41	17,3	18,9 - 0,2
PG 13,5	20,4	1,41	19,1	20,7 - 0,2
PG 16	22,5	1,41	21,2	22,8 - 0,2
PG 21	28,3	1,588	26,8	28,6 - 0,2
PG 29	37,0	1,588	35,5	37,4 - 0,3
PG 36	47,0	1,588	45,5	47,4 - 0,3
PG 42	54,0	1,588	52,5	54,4 - 0,3
PG 48	59,3	1,588	57,8	59,7 - 0,3

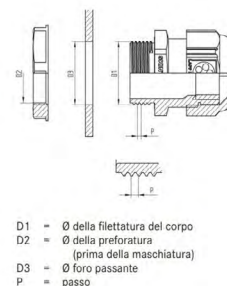


Figura 5 Scheda tecnica filettature PG.

Figure 5 PG threads technical datasheet.

Con questa configurazione, il cavo di trasmissione deve essere necessariamente crimpato successivamente, per permetterne il passaggio nel pressacavo e nel foro del cappuccio, che risultano di dimensioni inferiori al connettore RJ45. Soluzione più macchinosa, ma più resistente dal punto di vista strutturale del cappuccio.

1.3 Rappresentazione su CAD

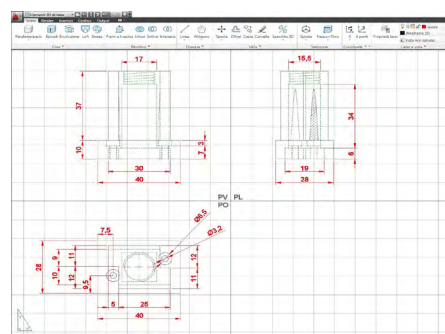
Per concretizzare la prototipazione, con le dimensioni misurate dal LNB e da quelle ricavate dalla bozza, con successive migliorie, sono stati eseguiti dei disegni tecnici tramite software CAD, che ha permesso di eseguire le proiezioni ortogonali, il modello in 3D e la possibilità di esportare il disegno in formato .stl eseguibile dal software di slicing per gestire i parametri di stampa.

1.3.1 Proiezioni ortogonali

Il primo passo è stato riversare le dimensioni del disegno a mano come proiezioni ortogonali sul software CAD, per ottenere un modello quotato dei singoli elementi e delle filettature (Figura 6).

Figura 6 Proiezioni ortogonali del prototipo su software AutoCAD 2011.

Figure 6 Orthogonal projection of the prototype on the AutoCAD 2011.



Dal modello si osserva che il cappuccio ha una base regolare, occupando tutto lo spazio libero a disposizione, circoscrivendo il connettore RJ45 esattamente al centro. La base ha uno spessore di 10 mm ed accoglie i fori per il passaggio delle viti; questi fori sono stati studiati per guidare una vite di tipo M3x0.5 mm, di lunghezza 15 mm, 10 mm giacenti nella base e 5 mm impanati nel LNB. Il corpo dell'involucro accoglie il connettore maschio RJ45 ed il cavo, ad esso crimpato, e funge da sostegno per il pressacavo avvitato in testa.

Lo spazio interno dell'involucro è stato sagomato per ospitare il cavo di trasmissione, proteggere l'unione dei connettori RJ45 e poi essere innestato sul LNB (sfruttando l'incastro che viene a crearsi tra l'involucro e il connettore da pannello).

Dati gli ingombri vincolati per la struttura delle pareti verticali e la distanza obbligata tra i fori delle viti, questi ultimi ricadono all'interno della sagoma delle pareti del corpo superiore, interferendo con serraggio. Per ovviare a questo inconveniente sono state scavate, da entrambi i lati, delle gole troncoconiche all'interno delle pareti per permettere il corretto allineamento delle viti e il passaggio del giravite.

1.3.2 Modello tridimensionale

Dalle proiezioni ortogonali, per estrusione delle superfici chiuse, è stato realizzato il modello tridimensionale del cappuccio (Figura 7). Questo passaggio è fondamentale per la creazione del file eseguibile dalla stampante 3D, in quanto per ottenere un modello corretto di stampa, le superfici devono risultare chiuse (solido tridimensionale).

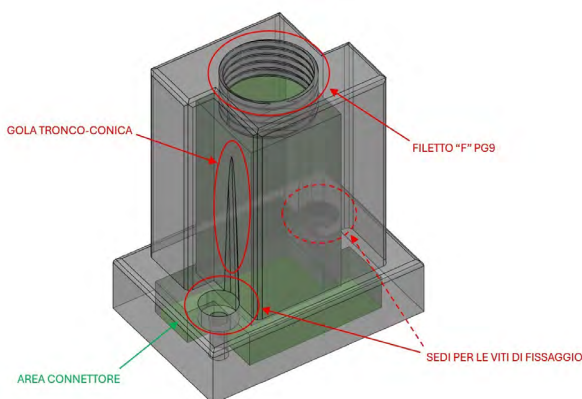


Figura 7 Modello tridimensionale del cappuccio.
Figure 7 Three-dimensional model of the shell.

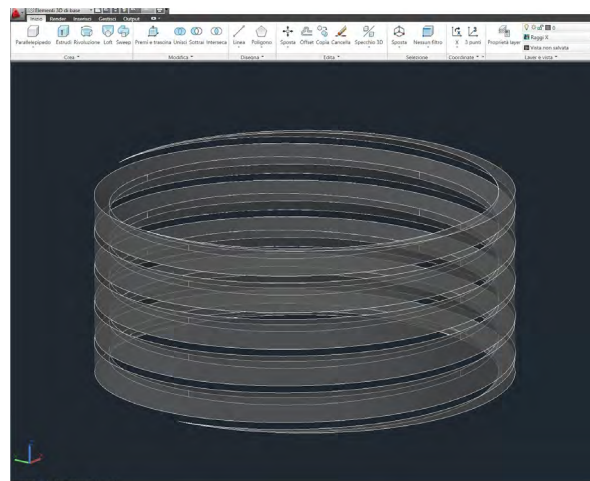
Per ottenere l'estrusione delle parti bidimensionali, bisogna assicurarsi che le superfici delimitate siano effettivamente chiuse, eseguendo il comando "Chiudi" alla fine dell'ultimo spigolo disegnato (linea o polilinea), dopo questo, con il comando "Premi e trascina", specificando la dimensione di altezza, si estrude la terza dimensione. Le estrusioni della base, delle pareti verticali e della copertura, sono state eseguite come pezzi separati e successivamente uniti con il comando "Unisci" per modellarli singolarmente ed infine ottenere una superficie unica.

La filettatura femmina della testa, per avvitare il pressacavo, è stata modellata partendo da un filetto maschio, dimensionalmente uguale a quello PG9, lasciando le dovute tolleranze per la fase di stampa: sfruttando il comando "Elica" come profilo grezzo è stato editato con il comando "Sweep" da un contorno triangolare per ottenere il filetto 3D finale. Questo cilindro filettato è stato incorporato nel profilo della copertura del cappuccio e tramite il comando "Sottrai" è stato scavato per lasciare il profilo negativo di quello di partenza (Figura 8).

Una volta terminato il pezzo, tramite il comando "STL OUT" è stato ottenuto il file eseguibile per il software di *Slicing*.

Figura 8 Dettaglio della filettatura PG9 ottenuta tramite “sweep” di un’elica e troncato su un cilindro.

Figure 8 PG9 thread obtained by helix sweep and cut on a cylinder.



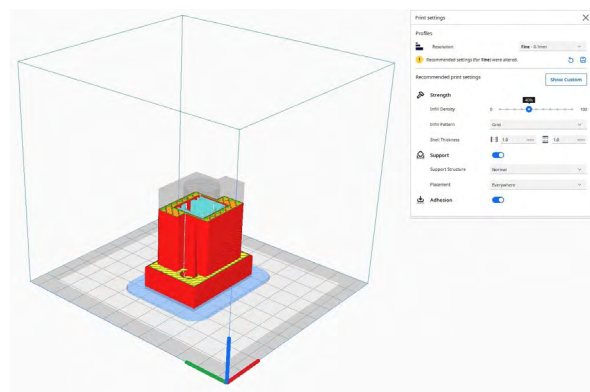
1.3.3 Sezionamento

Dal modello tridimensionale digitale, per ottenere il componente reale, bisogna passare per un file interpretabile dalla stampante 3D. Questo tipo di file è denominato STL (*Standard Tassellation Language*) che discretizza una superficie solida suddividendola in una serie di triangoli definiti (*mesh*), ognuno con set di coordinate riferite ai vertici di ciascuno (x,y,z e vettore “normale”), per inquadrarli in uno spazio tridimensionale [5]. Grazie ad un software di *slicing* è possibile interpretare questo tipo di file, trasformando queste coordinate in comandi eseguibili dalla stampante.

Il software utilizzato per la stampa è stato CURA, distribuito da *UltiMaker* [6], che annovera nel suo database la maggior parte delle stampanti in commercio, per ottimizzarne i parametri di stampa (Figura 9).

Figura 9 Modello 3D del cappuccio in fase di slicing con parametri di stampa.

Figure 9 PG 3D model of the shell in slicing phase with printing parameters.



I parametri di stampa principali scelti per il prototipo sono:

- Risoluzione: *Fine* (0.1 mm)
- Densità di riempimento: 40%
- Configurazione di riempimento: *Grid*
- Spessore orizzontale: 1 mm
- Spessore verticale: 1 mm
- Supporti: *si* (overhang per pareti con pendenza >45°)
- Temperatura estrusore PLA: 210 °C
- Temperatura estrusore PETG: 230 °C
- Temperatura piatto: 50 °C
- Diametro filo PLA (prototipo): 1.75 mm

- Diametro filo PETG (definitivo): 1.75 mm
- Diametro ugello: 0.4 mm
- Velocità di stampa 40 mm/s

Dopo aver inserito i parametri si deve cliccare sul tasto “Sezionamento” (*Slice*) per ottenere un’anteprima del modello (Figura 10) (con gli spessori, il riempimento ed eventuali sostegni) ed il tempo stimato per la stampa. Con i parametri sopracitati, la quantità materiale necessario è di 19 grammi (~ 6.5 metri) e sono necessarie circa 5 ore di tempo per ottenere il componente (riducibili a 2h e 50 min. se si abbassa la risoluzione a 0.15 mm). Si consiglia di impiegare uno strato di adesione (*brim o raft*) date le ridotte dimensioni del pezzo per ridurre la probabilità di distacco dal piano di stampa. Dopo aver sezionato il modello (il software riconosce se le superfici sono tutte chiuse e adatte alla stampa) è possibile generare il file *.gcode* [7] che convertirà le coordinate dei punti in comandi meccanici eseguibili dai motori della stampante.

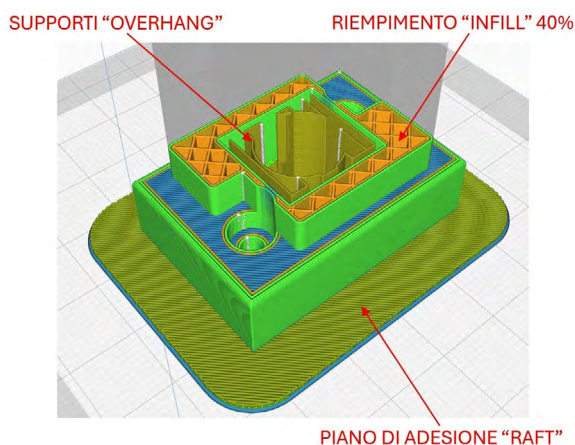


Figura 10 Dettaglio dei supporti di stampa.
Figure 10 Detail of print supports.

2. Realizzazione dei prototipi

La realizzazione pratica del prototipo definitivo ha proceduto per gradi, visto la peculiarità di alcuni componenti in gioco, soprattutto per la filettatura del pressacavo che, essendo un componente già preformato, ha richiesto particolare attenzione per via delle tolleranze di stampa.

2.1 Prototipo filettatura PG9

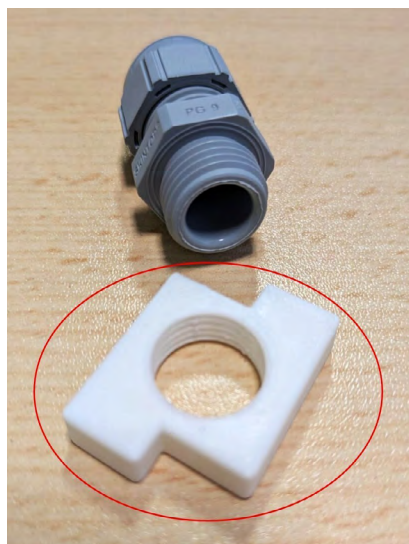
Come accennato sopra, la filettatura complementare da far corrispondere con componente già preformato (con passo, diametro nominale, senso di avvitamento già definiti) e considerando la precisione di una stampante 3D potrebbe risultare particolarmente ostico nella realizzazione pratica se non si considerano determinate tolleranze in fase di progettazione.

Per evitare di stampare l'intero componente per provare solo la filettatura, è stato deciso di stampare solo la parte superiore del cappuccio, in PLA, sezionandolo sulla sommità inferiore (dove termina il filetto) in modo da non scartare l'intero pezzo in caso che i due filetti non combaciassero perfettamente.

Il pezzo in questione (Figura 11) ricalca solo la sommità del cappuccio, per un'altezza massima di 7 mm, ed è stato utile anche per verificare la parte iniziale della filettatura per l'ingresso del filetto maschio.

Figura 11 Sezione del cappuccio per la prova della filettatura.

Figure 11 Section of the shell for threading test.



2.2 Prototipi di test

Una volta verificato il corretto inserimento della filettatura superiore, si è passato alla realizzazione dei veri prototipi per i successivi test meccanici. Sono stati stampati inizialmente due tipologie di prototipi: uno in PLA (Figura 12), per la verifica dimensionale degli ingombri sul LNB e per controllare che le viti delle viti fossero in corrispondenza dei fori; altri due PETG per effettuare i test di resistenza e infiltrazione, uno per i test di simulazione in campo (Figura 13).

Figura 12 Primo prototipo intero.

Figure 12 First complete prototype.

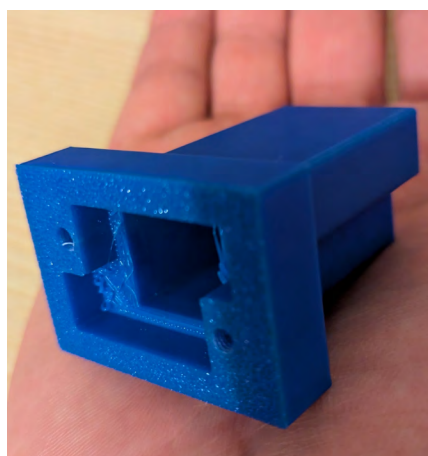


Figura 13 Primi prototipi realizzati in PETG, mediante stampa 3D, con e senza pressacavo avvitato.

Figure 13 First prototypes in PETG, made using 3D printing, with and without cable gland.



3. Test

Per verificare l'adattabilità e la resistenza del materiale, sono stati eseguiti dei test pratici, di natura empirica, per verificare che il cappuccio rispondesse a dei criteri prestabiliti.

3.1 Test di resistenza

Il test di resistenza è stato eseguito con lo scopo di ottenere l'invecchiamento precoce del materiale, dato che il cappuccio sarà esposto alle intemperie nei futuri siti di installazione.

Per simulare questa condizione, il prototipo realizzato in PETG è stato trattato sotto una lampada UV con potenza di 75W, ad una distanza di circa 20 cm, per una settimana, in modo di massimizzare condizioni di stress (Figura 14).

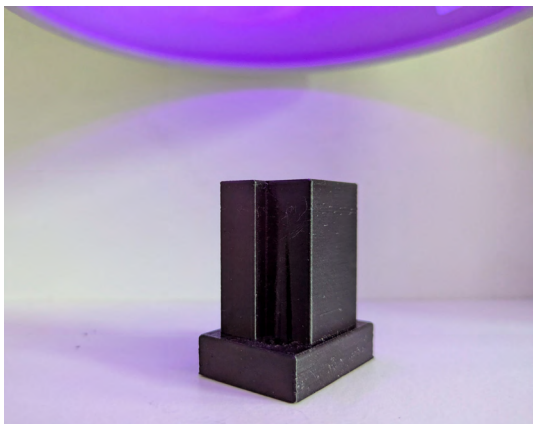


Figura 14 Prototipo esposto sotto la fonte di raggi UV.

Figure 14 Prototype exposed under UV light source.

Dopodiché sono state eseguite simulazioni di shock termici (passaggio da freddo a caldo) esponendo il cappuccio repentine variazioni di temperature, da quelle invernali estreme (in congelatore impostato a -18°C) a quelle estive (in forno a $+60^{\circ}\text{C}$) per osservare le eventuali cristallizzazioni del materiale e/o deformazioni nella struttura. Sono stati eseguiti cinque cicli caldo/freddo consecutivi, con durata di sessanta minuti ciascuno.

Terminati i test, non sono state osservate criticità nella struttura del cappuccio (fratture e/o deformazioni della struttura), nonostante le radiazioni e il calore emesso dalla sorgente UV ($\sim 40^{\circ}$) e la rilevante escursione termica delle fasi caldo/freddo ($\sim 80^{\circ}$).

Le misure pre e post test sono state effettuate con calibro ventesimale e non sono state osservate deformazioni o variazioni rilevanti negli spessori rilevabili con lo strumento in questione ($\leq 0,05\text{ mm}$).

3.2 Test di infiltrazione

Visto l'impiego in ambiente esterno del cappuccio, quindi esposizione a pioggia e neve frequente, è stato eseguito un test di impermeabilità per verificare eventuali infiltrazioni di acqua all'interno che, se riscontrate, potrebbero compromettere in funzionamento del sistema (ossidazione del connettore ethernet per ristagno dell'acqua e possibile penetrazione all'interno del LNB). Il cappuccio non è stato progettato per essere totalmente impermeabile, ma per resistere alla pioggia da tutte le direzioni esposte, verosimilmente per raggiungere almeno il grado di protezione "IP44" [8].

Il test è stato eseguito sigillando il cappuccio alla base del LNB con una guarnizione liquida resistente alle alte temperature (che funge da adesivo e sigillante) e serrando uno spezzone di cavo LAN Cat.7 al pressacavo come se fosse installato in campo (Figura 15).

Figura 15 Prototipo sottoposto al test di infiltrazione.
Figure 15 Prototype under infiltration test.



Il cappuccio è stato sottoposto a spruzzi d'acqua continui per almeno dieci minuti, dopo aver fatto polimerizzare la guarnizione liquida, dove al suo interno è stata precedentemente inserita della carta assorbente ed alcune perle di gel di silice come controprova visiva di un eventuale infiltrazione.

Terminato il test, è stata esaminata la carta ed è stato riscontrato che il prototipo ha resistito alle infiltrazioni d'acqua battente sia dalla guarnizione, sia dal pressacavo (Figura 16).

Figura 16 Risultato del test di infiltrazione.
Figure 16 Infiltration test result.



Lo scopo principale dei due test non è stato dimostrare l'affidabilità del tipo di polimero, ma verificare la tenuta degli accoppiamenti cappuccio-guarnizione e cappuccio-pressacavo. Si forniscono le principali specifiche della guarnizione liquida adottata nei test (Tabella 1):

Tolleranza max.	0.5 mm
Viscosità (@ 25°C)	50-300 mPa s
Temperatura di utilizzo	-55 ÷ +200°C
Tempo di manipolazione	15-30 min.
Tempo di polimerizzazione	3-6 ore
Colore	Nero

Tabella 1 Specifiche guarnizione liquida.
Table 1 Liquid gasket specs.

L'uso della guarnizione liquida è stato privilegiato in quanto facilmente reperibile e relativamente semplice da utilizzare. In alternativa può essere impiegata una semplice guarnizione, da ritagliare a tale scopo (Figura 17), in butile o neoprene con spessore massimo di 1 mm.

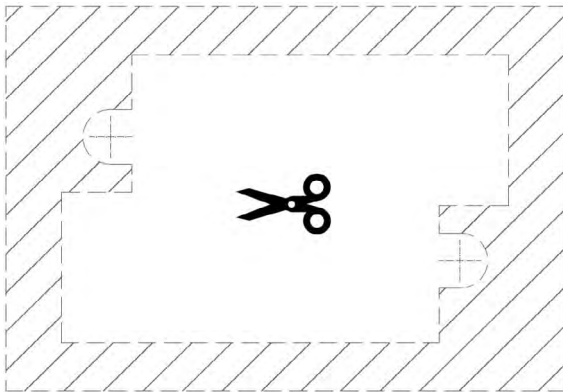


Figura 17 Dima a grandezza reale della guarnizione (vista inferiore).

Figure 17 Full-size gasket template (bottom view).

3.3 Test in campo

Dopo i risultati ottenuti in laboratorio, uno dei prototipi, realizzato in PETG, è stato installato su una stazione pilota, nello specifico, la stazione sismica di Bagni di Lucca (LU) con sigla "BDI" (Figura 18), per verificare realmente che il cappuccio di protezione rispecchi i criteri stabiliti e sia riproducibile su larga scala.



Figura 18 Prima installazione in sito del cappuccio.

Figure 18 First installation of the shell on site.

La procedura adottata (e da eseguire in futuro) per l'installazione del cappellotto è la seguente:

1. Pulire le superfici interessate del LNB e del cappellotto con isopropanolo.
 2. Inserire il cavo ethernet nel pressacavo (già inserito nel cappellotto) senza serrarlo.
 3. Spellare una porzione di guaina isolante del cavo ethernet e separare i singoli conduttori.
- NOTA: se il cavo ethernet possiede la guida rigida di plastica interna, rimuoverla fino al livello della guaina esterna tagliandola con delle tronchesi.

4. Inserire i singoli conduttori nel connettore RJ45 e crimparli.
 5. Inserire il connettore RJ45 nel corrispettivo sul LNB
 6. Stendere uno strato perimetrale di guarnizione liquida sulla base del cappellotto o utilizzare una guarnizione pretagliata.
 7. Posizionare il cappellotto sulla base del LNB fino a battuta.
 8. Inserire le viti nei rispettivi fori e serrarle.
- NOTA: si consiglia di serrare le viti a mano (Coppia max. 1-1.5 Nm)
9. Serrare il pressacavo.

Si consiglia di stendere un sottile strato di grasso ad alta viscosità (es. grasso al litio) sulla testa delle viti, una volta serrate, per ridurre al minimo gli effetti di eventuali alterazioni dovute a ossidi che potrebbero con il tempo comprometterne la rimozione.

4. Conclusioni

Visto l'adeguamento delle nuove trasmissioni in *Ku-band*, e conseguente dismissione degli apparecchi obsoleti con questi nuovi LNB, ritenuti dal personale tecnico INGV non totalmente adatti all'installazione sulle stazioni, per via del connettore ethernet poco protetto dagli agenti atmosferici, è stato necessario progettare e realizzare un cappuccio di protezione economico, replicabile e facilmente installabile. Grazie alla progettazione assistita da computer (CAD) e alle stampanti 3D a filamento, ormai reperibili a prezzi contenuti e di semplice interpretazione, è stato possibile realizzare dei prototipi che ottemperino alla carenza riscontrata sul LNB dell'apparato *IoT First*, al fine di ottenere un sistema di trasmissione dati, meccanicamente più robusto, in linea con i criteri stabiliti.

Si ricorda che il prototipo realizzato in PLA, è solo a scopo dimostrativo perché non indicato per impieghi in ambiente esterno; per la realizzazione del prodotto finale è stato utilizzato il PETG per le sue proprietà meccaniche (resistenza agli urti e ai raggi UV), proprietà chimiche (non igroscopico e non biodegradabile) e per la semplicità di stampa.

Ringraziamenti

Si ringrazia, per la fattiva collaborazione e disponibilità, il dott. Fawzi Doumaz, primo ricercatore INGV – sezione di Roma 2, in quanto ha stampato in 3D, nel suo laboratorio, i primi prototipi per la fattibilità di progetto.

Bibliografia

Moreno Nieto, D., Alonso-García, M., Pardo-Vicente, M.-A., & Rodríguez-Parada, L. (2021). Product Design by Additive Manufacturing for Water Environments: Study of Degradation and Absorption Behavior of PLA and PETG. *Polymers*, 13(7), 1036. <https://doi.org/10.3390/polym13071036>

Sitografia

- [1] https://it.wikipedia.org/wiki/Modellazione_a_deposizione_fusa
- [2] https://it.wikipedia.org/wiki/Low_noise_block_converter

- [3] <https://www.egatel.es/producto/iot-first-terminal>
- [4] <https://www.sgart.it/IT/elettro/filettature-pg-din40430/post>
- [5] https://www.fabbers.com/tech/STL_Format
- [6] <https://ultimaker.com/it/software/ultimaker-cura/>
- [7] <https://www.italia3dprint.it/gcode/>
- [8] <https://www.giordano.it/2c-573-gradi-di-protezione-ip.php>

APPENDICE

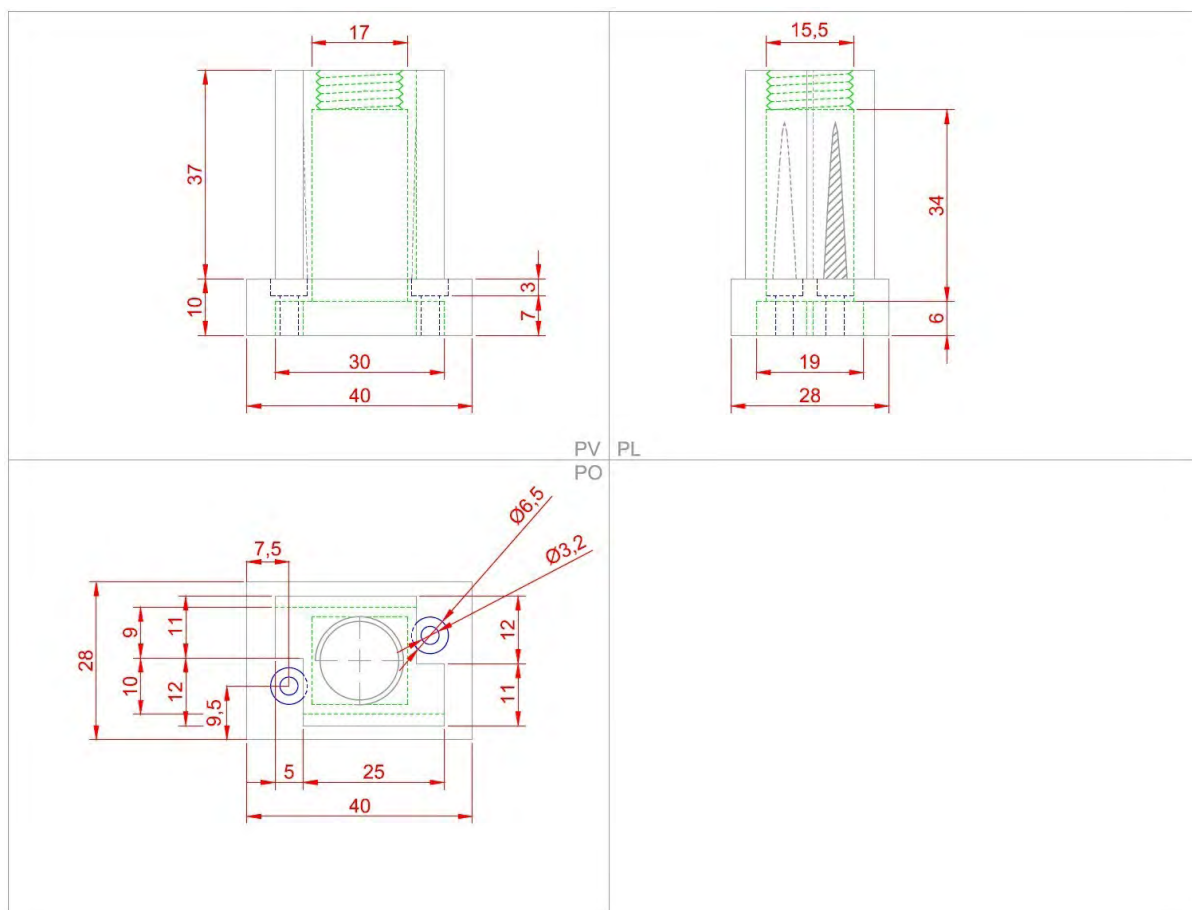


Figura A1 Proiezioni ortogonali quotate.
Figure A1 Dimensioned orthogonal projection.

FILETTATURA TESTA - PRESSACAVO PG9 (DIN40430)



Figura A2 Sezioni della filettatura del pressacavo (centro) e del cappuccio (campitura).
Figure A2 Sections of cable gland (center) and shell threads (crosshatch).

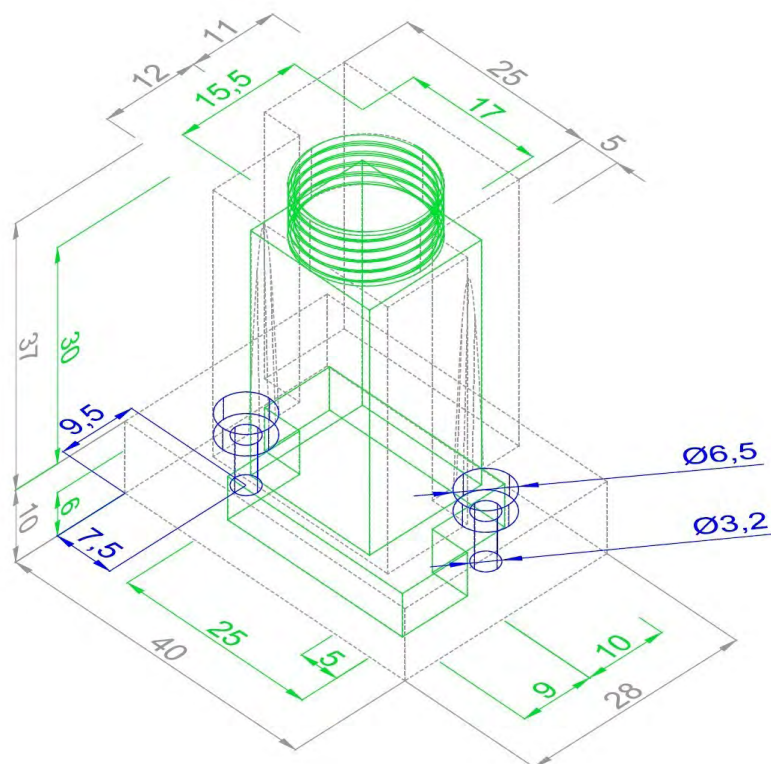


Figura A3 Assonometria del cappuccio e dimensioni in millimetri.
Figure A3 Axonometry of the shell and sizes in millimeters.

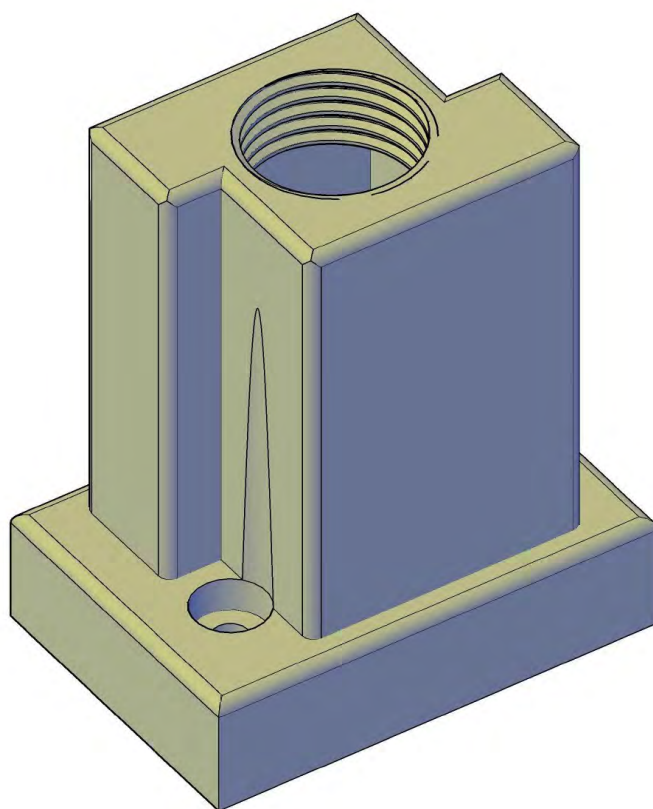


Figura A4 Rendering 3D del prototipo.
Figure A4 3D rendering of the prototype.



QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/qdg/it/index/>

QUADERNI di GEOFISICA è una rivista scientifica che pubblica dati, misurazioni e osservazioni geofisiche (anche preliminari) in italiano e inglese. L'obiettivo è una diffusione rapida e gratuita per la comunità scientifica, garantita da un processo di peer-review e da un Editorial Board multidisciplinare. La rivista è inclusa in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics e "Open Access Journals" di Scopus, e adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

QUADERNI di GEOFISICA is a scientific journal that publishes geophysical data, measurements and observations, including preliminary results, in Italian and English. Its aim is to ensure rapid and free dissemination to the research community, supported by a peer-review process and by a multidisciplinary Editorial Board. The journal is included in the Emerging Sources Citation Index of Clarivate Analytics and it's included in the Open Access journals of Scopus. It follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.



RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/rt/it/index>

RAPPORTI TECNICI INGV è una rivista tecnico-scientifica che mette in mostra le numerose attività tecnologiche e di ricerca condotte dai ricercatori e tecnici INGV, e non solo. Pubblicata in italiano e inglese, RAPPORTI TECNICI INGV è ideata per valorizzare anche quei lavori che offrono un contributo significativo dal punto di vista tecnico, operativo o documentale fondamentale per lo sviluppo dell'Ente. La rivista adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

RAPPORTI TECNICI INGV is a technical-scientific journal that showcases the wide range of technological and research activities carried out by INGV researchers and technical staff, as well as by external contributors. Published in Italian and English, RAPPORTI TECNICI INGV is designed to highlight works that provide a significant contribution from a technical, operational, or documentary perspective, and that are essential to INGV development. The journal follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.



MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

<https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/mi/it/index>

MISCELLANEA INGV rappresenta una tipologia di editoria non tradizionalmente catalogabile nelle ordinarie riviste scientifiche di settore. Pubblicata in lingua italiana e inglese, MISCELLANEA INGV offre uno spazio per la pubblicazione di materiali eterogenei che, pur non rientrando nei formati più strutturati delle altre Collane editoriali INGV, rivestono un interesse scientifico, tecnico o divulgativo. La rivista adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

MISCELLANEA INGV represents a form of publishing that cannot be classified within the standard scientific journals. Published in Italian and English, MISCELLANEA INGV provides a venue for the publication of heterogeneous materials that are of scientific, technical or outreach interest, even though they do not fall within the more structured formats of the other INGV editorial series. The journal follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.

Progetto grafico
Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Ufficio Editoriale
Francesca DI STEFANO | Coordinatore

Segreteria di redazione
segreteria.collane-editoriali@ingv.it

Editing | Produzione | Grafica redazionale
Barbara ANGIONI
Massimiliano CASCONI
Francesca DI STEFANO
Patrizia PANTANI

© 2026 the Author(s). Open Access.
This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



Creative Commons Attribution 4.0 International

