



# KEELCRAB™

*Keelcrab MaxiCrab, teoria e pratica: divergenze rilevate tra progettazione e collaudo*



27 Luglio 2022 in un torrido pomeriggio estivo, l'R&D operation Team di Keelcrab si proietta a Genova per il primo giorno di collaudo di maxiCrab; ebbene sì, dopo mesi di fatiche, test, calcoli, conteggi, progettazioni prototipi e simulazioni il fatidico giorno della verità è arrivato; funzionerà?

Preso atto che tutte le fasi preliminari di test a banco ed in ambiente simulato hanno prodotto esiti positivi, sappiamo perfettamente per esperienza che la differenza tra testare i nostri robot in ambiente simulato o realmente sullo scafo di un'imbarcazione è praticamente la stessa differenza che potrebbe esserci nel tentare l'atterraggio di un Boeing 737 nel DastyFlySim (forse tra i principali simulatori di volo in Europa) o sulla pista di Malpensa in una pessima giornata di nebbia in Dicembre.

Un paio di dovute precisazioni preventive:

MaxiCrab: drone subacqueo per la pulizia degli scafi di yacht (derivato da *the-keelcrab* drone per la pulizia di scafi di imbarcazioni da diporto già prodotto e commercializzato dall'azienda aeffe srl in più di 50 paesi nel primo quinquennio dal market launch)

Il prototipo maxiCrab realizzato e pronto per la sperimentazione è un nuovo modello di drone subacqueo con dimensioni maggiorate e funzionalità evolute, progettato per la pulizia di yacht da 24 a 50 metri di lunghezza. Questo nuovo prototipo dunque si caratterizza anzitutto per una maggiore fisicità e relativa capacità di pulizia ma anche per maggiore potenza di adesione allo scafo grazie ad un sistema a doppia pompa di suzione, nuova scheda elettronica, funzionalità digitali aggiuntive di supporto all'operatore e design rivisto a seguito di nuova modellazione.

Tech Fast: bando proposto dal Fondo Europeo per lo sviluppo regionale in Lombardia che ha promosso il progetto di Aeffe S.r.l. come primo aggiudicatario nella regione, e conferma la volontà di portare nel mondo l'eccellenza lombarda nel settore della mecatronica. Il progetto MaxiCrab, ID 3156753 è stato cofinanziato al 50% con fondi pubblici del bando Tech Fast del FESR 2014 – 2020 in partecipazione con Regione Lombardia e Unione Europea.

Tornando alla comitiva diretta a Genova nel giorno della verità, per ingannare il tempo il dibattito verte su un luogo comune della meccanica e progettazione secondo cui "a carattere generale" una riduzione proporzionale e totale della fisicità di un oggetto meccanico complesso, genera uno sforzo progettuale e prototipale ben più elevato di un suo eventuale ingrandimento; in parole povere, nel

**Aeffe srl**

*sede legale a Como 22100, Via Rezzonico 39*

*Sede operativa a Bulgarograsso 22070, Via Ferloni 28*

*P.IVA & CF: 03385790138*

*Codice SDI: W7YVJK9*

[www.keelcrab.com](http://www.keelcrab.com)



# KEELCRAB™

nostro caso un miniCrab, sarebbe stato ben più difficile e sudato di un maxiCrab ovvero: i fattori di moltiplicazione meccanici nell'ingrandimento sarebbero meno complessi da gestire in rispetto a fattori di divisione nel ridimensionamento di un oggetto appunto meccanico complesso.

Il dubbio è concreto, fondato e legittimo e soprattutto se penso ad un moltiplicatore di fatica complessiva su un eventuale miniCrab, comparato agli sforzi ingenti fatti per mettere in acqua il nostro primo MaxiCrab, viene voglia di cambiare il core-business della società.. ma torniamo al collaudo: siamo pronti sul pontile con MaxiCrab già estratto dal suo case di trasporto ip67, il cavo di alimentazione prontamente srotolato sul pontile, box di elettronica collegato alla colonnina e remote control testato pronto all'uso. Caliamo il drone in acqua utilizzando il cavo di alimentazione rinforzato in kevlar e qui la prima grande evidenza: l'assetto idrostatico di maxiCrab è corretto? Il nostro "zero", il gold standard, metro di paragone e riferimento per la validazione del prototipo chiaramente è *the-keelcrab* (versione appunto "di partenza" già in commercio, dedicato a scafi di imbarcazione di minori dimensioni) che per sua costruzione presenta un assetto idrostatico neutro-positivo (studiato e migliorato negli anni) in quanto munito di una quantità calcolata e corretta di materiale espanso a cellule chiuse all'interno di alcune componenti meccaniche del drone per bilanciare quelle a peso specifico negativo in immersione e garantire un assetto per noi corretto ovvero neutro-positivo, fondamentale per le attività specifiche che il drone effettivamente poi svolge: andare dritto durante l'avanzamento (più in generale, obbedire ai comandi) senza essere assoggettato a vettori di spinta esogeni che modificano le traiettorie imbastardendole nell'ambito della sua operatività mentre quindi è impegnato nella pulizia di una superficie irregolare come una carena di un'imbarcazione il tutto a profondità variabile.

Considerando che nella progettazione di maxiCrab abbiamo variato principalmente l'asse X (la sua larghezza) aumentandola del 60% e generando un incremento di peso fuori acqua complessivo del 35%, "per non sbagliare" siamo partiti dall'aggiungere un +35% di materiale espanso galleggiante (nei rulli di movimentazione e a telaio / come per *the-keelcrab*) convinti di risolvere questo delicato problema di assetto applicando una semplice proporzione matematica. Risultato: appena calato in acqua, il nostro maxiCrab, anziché dimostrarsi un oggetto neutro-positivo, si è inabissato come un sommergibile facendoci subito capire che era necessaria una riflessione, una robusta correzione della quantità di materiale espanso galleggiante installato nelle componenti meccaniche e lo studio della corretta applicazione relativa (onde evitare problematiche di variazione di baricentro) prima di procedere coi test di accensione dei motori e di adesione alla carena. Cosa nella proporzione matematica di calcolo dell'assetto idrostatico ci è sfuggito? La risposta è complessa e certamente si trova nel concetto stesso di peso specifico e di differenza di comportamento di un corpo emerso o immerso in liquido ma sostanzialmente, come spesso accade, la differenza è tra la semplicità del modello teorico adottato e la complessità dell'ambiente reale nella pratica. Preso coscienza del problema, abbiamo iniziato con le modifiche all'assetto idrostatico del robot aggiungendo materiale galleggiante stando attentissimi al posizionamento relativo (per non variare appunto baricentro e

**Aeffe srl**

*sede legale a Como 22100, Via Rezzonico 39*

*Sede operativa a Bulgarograsso 22070, Via Ferloni 28*

*P.IVA & CF: 03385790138*

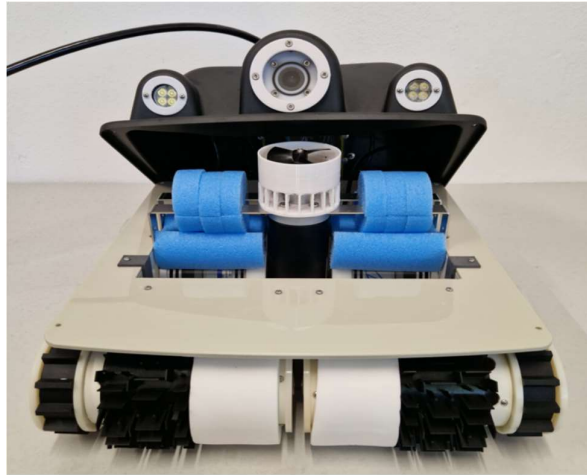
*Codice SDI: W7YVJK9*

[www.keelcrab.com](http://www.keelcrab.com)

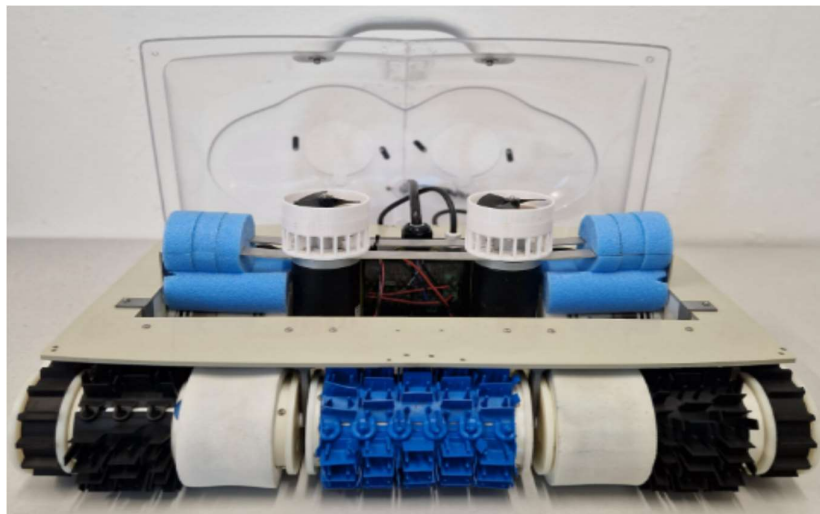


# KEELCRAB™

metacentro al nostro prototipo e dunque anticipando ed evitando problemi di assetto in stato di navigazione con pompe di suzione attive) incrementando proporzionalmente di un +10% alla volta (testando step by step tutte le volte il risultato in immersione) sino a raggiungere l'assetto idrostatico desiderato solamente al terzo tentativo. Risultato = peso di maxicrab +35% (rispetto a *the-keelcrab*) materiale galleggiante aggiunto +65%; a compensazione dell'assetto idrostatico è stato quindi aggiunto più del doppio della quantità di materiale galleggiante inizialmente ipotizzata.



Trovato dunque un assetto idrostatico apparentemente corretto, ci accingiamo a ricaricare il robot in acqua ed azionare i motori pompa al fine di testarne il baricentro a pompe attive ma soprattutto la suzione complessiva su carena. Nella versione maxiCrab, a differenza della versione base *the-keelcrab*, i motori di suzione installati sono 2:



## **Aeffe srl**

sede legale a Como 22100, Via Rezzonico 39  
Sede operativa a Bulgarograsso 22070, Via Ferloni 28  
P.IVA & CF: 03385790138  
Codice SDI: W7YVJK9  
[www.keelcrab.com](http://www.keelcrab.com)



# KEELCRAB™

anche in questo caso, pur essendoci basati su una proporzione matematica ragionata secondo la quale l'incremento di portata delle pompe non deve essere doppio (maxiCrab non è il doppio di *the-keelcrab*) ma parametrizzato questa volta su base asse X di maxiCrab (ovvero la sua larghezza), non sono mancate le sorprese. Seguendo il criterio sopracitato, il decremento (in volt) nella gestione elettronica del singolo motore, ha portato ad un incremento complessivo del 70% di portata dell'acqua delle pompe rispetto a *the-keelcrab* (poiché appunto generata da 2 motori in combinato). Risultato: una volta accese le pompe e posizionato il drone appena sotto la linea di galleggiamento dello yacht test, la suzione generata era talmente elevata da non consentire la movimentazione del drone tramite i motori di trazione. Di fatto maxiCrab stava talmente attaccato che i motori di trazione faticavano a movimentare il drone sulla superficie della carena, come se ci fosse un braccio sopra la scocca che comprimesse il drone verso lo scafo mandando i motori in protezione poiché in overcurrent. Anche in questo caso come nel precedente, a livello teorico ci poteva essere una risposta funzionale non però supportata dall'effettiva analisi del comportamento in test su carena. Risultato: riduzione del 50% della portata complessiva delle pompe (stimato il 30%) in rispetto alla portata nominale a 24 volt con evidente vantaggio di efficientamento della funzione di consumo di corrente del drone (nel suo complesso) e maxiCrab in splendida suzione con motori di trazione leggermente sotto stress ma nei limiti di utilizzo.

Modificato il firmware e regolata la potenza erogata alle pompe, si è proceduto all'inizio della sessione di test prevista verificando e filmando il prototipo sia mediante analisi comportamentale visiva (specialmente nelle fasi in cui il drone lavorava sulla linea di galleggiamento) che mezzo display e in assetto ARA (con bombole e GAV).

Nonostante i cambi spazzola, qualche ulteriore set-up elettronico nella movimentazione sulle parti verticali della carena, un leggero e preventivato (in realtà irrisorio) riscaldamento dei motori di trazione manifestatosi dopo oltre 4 ore costanti di utilizzo (problema risolto con l'installazione di motori trazione brushless sulla successiva versione di prototipo) la sessione di test ha dato esito molto positivo nel suo complesso. MaxiCrab è risultato ben pilotabile, non assoggettato a particolari vettori di spinta esogeni durante le operazioni di navigazione, con ottime capacità di pulizia (nonostante l'installazione delle penultime versioni di corpi spazzola in rispetto alle ultimissime versioni di *the-keelcrab* equipaggiato con spazzole circolari a dischi rotanti motorizzate) e certamente con un fattore suzione tanto evidente quanto francamente molto appealing in chiave marketing, figlio delle economie e dei vantaggi idrostatici ottenuti mediante l'utilizzo del sistema doppia pompa combinato.

Nonostante la giornata ci abbia quindi ancora una volta illuminato su quanto la teoria da sola non sia mai sufficiente ad arrivare al mercato o prima ancora al concetto di prodotto, l'elemento maggiormente confortante di questa positiva sessione di test resta certamente la velocità con il quale il team keelcrab ha compreso e risolto prontamente tutti i problemi operativi evidenziati

**Aeffe srl**

*sede legale a Como 22100, Via Rezzonico 39*

*Sede operativa a Bulgarograsso 22070, Via Ferloni 28*

*P.IVA & CF: 03385790138*

*Codice SDI: W7YVJK9*

[www.keelcrab.com](http://www.keelcrab.com)



# KEELCRAB™

durante i collaudi. Questa capacità di immediata reazione, se comparata alla nascita del primo *the-keelcrab* (per il quale ci vollero mesi e anni) certamente risulta fattore fortificante e motivante, sintomatico di una maturità di gruppo che negli anni, sulla base della continua creazione di nuovi prodotti mecatronici sottomarini, ha evidentemente consolidato know-how ed esperienza, fattore che forse nel ciclo economico di breve periodo risulta di difficile evidenza ma che certamente sul lungo periodo è il primo valore aggiunto della società.

Fabio Terzaghi CEO

**Aeffe srl**

*sede legale a Como 22100, Via Rezzonico 39*

*Sede operativa a Bulgarograsso 22070, Via Ferloni 28*

*P.IVA & CF: 03385790138*

*Codice SDI: W7YVJK9*

[www.keelcrab.com](http://www.keelcrab.com)