

# 1 Metodologia di Kano-Kansei

Per la progettazione del manicotto sensorizzato è stata adottata la metodologia Kano-Kansei, per meglio identificare le esigenze funzionali e le preferenze del cliente: in seguito, tali richieste sono state elaborate in requisiti funzionali e scelte di design.

Per l'implementazione del metodo, è stato realizzato un sondaggio tramite la piattaforma Google Forms, disponibile al seguente link (<https://forms.gle/mrN1rvMhFYSuNvkQ8>) o in alternati in appendice A e distribuito a un campione mirato di utenti composto da atleti e sportivi amatoriali: tali utenti sono stati scelti tra praticanti di tennis, padel o anche ping pong, ovvero degli sport per i quali il manicotto sensorizzato è stato principalmente progettato.

Il sondaggio è stato articolato in quattro sezioni, ciascuna progettata per raccogliere un tipo specifico di informazione:

- **Analisi anagrafica e profilo sportivo**

La prima parte del sondaggio è dedicata alla raccolta di informazioni demografiche degli utenti: età, genere, professione, e via dicendo. Dopodiché sono state indagate le abitudini sportive: che tipo di sport praticano e a che livello di esperienza, e se ritengono o meno probabile il rischio di infortunio durante la pratica agonistica;

- **Interesse nel dispositivo**

La seconda parte del sondaggio indaga sull'interesse degli utenti nel prodotto proposto: come mai acquisterebbero un manicotto sensorizzato o meno, per cosa lo utilizzerebbero, quanto sarebbero disposti a spendere per averlo e in quali circostanze. Tali informazioni servono per meglio caratterizzare la fascia di mercato in cui il manicotto sensorizzato dovrebbe andare a collocarsi;

- **Metodo Kansei**

In linea con i principi del metodo Kansei, la terza sezione chiede agli utenti di associare liberamente cinque parole che ritiene essere caratteristiche centrali del prodotto in esame. Queste parole (*Parole di Kansei*) sono state raccolte, raggruppate e associate a caratteristiche del manicotto, in modo da legarle in seguito a dei requisiti funzionali di progetto;

- **Modello Kano**

L'ultima sezione è stata strutturata in accordo con il modello Kano, presentando per ogni funzionalità individuata una coppia di domande: una in forma funzionale (che indaga la reazione dell'utente in presenza della caratteristica)

e una in forma disfunzionale (che indaga la reazione in caso di assenza della stessa). Le risposte, raccolte e analizzate, consentono di classificare ogni caratteristica in categorie quali: "Mi piacerebbe fosse così", "Deve essere così", "Mi lascia indifferente", "Lo trovo accettabile", "Non mi piace l'idea". Ciò consentirà in seguito di guidare le priorità nella fase di sviluppo del prodotto.

## 1.1 Analisi anagrafica e interesse nel dispositivo

Dall'elaborazione delle risposte, 112 in totale, si sono ottenuti i risultati riportati in fig. 1.

## 1.2 Metodo Kansei

Dopo aver richiesto agli utenti di inserire cinque caratteristiche con parole libere da associare al prodotto, si è innanzitutto proceduto a un primo raggruppamento delle parole, accorpendo tra loro anche parole simili e sinonimi. In fig.3 è riportata la tabella risultante da questa elaborazione.

In seguito è stata poi costruito un diagramma delle affinità (fig. 4 studiando quanto sopra riportato).

## 1.3 Modello Kano

Nella costruzione del questionario, sono state identificate 11 caratteristiche chiave del prodotto da proporre agli utenti tramite modello di Kano: "Lavabile", "Economico", "Elasticizzato", "Comodo", "Impermeabile", "Traspirante", "Multisport", "Connettività", "Bello", "Multisensore", "Energia Rinnovabile", "Eco-Sostenibile". Per ciascuna di esse sono state proposte una domanda in forma funzionale, una domanda in forma disfunzionale, e la richiesta di indicare per ciascuna caratteristica un grado di importanza da 1 a 10.

I risultati ottenuti sono stati riassunti nella seguente tabella:

Tale tabella indica per ciascuna caratteristica quante volte un utente la ha associata a una determinata categoria di Kano, indicata da una specifica lettera. Tali lettere in particolari stanno a indicare i seguenti significati:

Nella colonna "Valutazione" è riportata la categoria a cui prevalentemente appartiene una certa caratteristica: in particolare, le uniche caratteristiche Must-be risultano essere "Lavabile" ed "Elasticizzato".

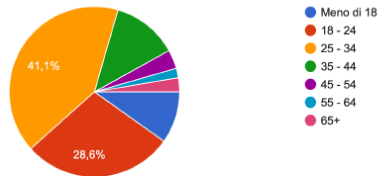
La colonna "Importanza" è invece la media aritmetica delle importanze riportate dagli utenti per ciascuna caratteristica: è immediato notare come la caratteristica più importante (8.83) è percepita essere "Comodo", mentre la meno importante è che il dispositivo sia alimentato da "Energia Rinnovabile" (5.14).

## Analisi anagrafica e profilo sportivo

### Generalità

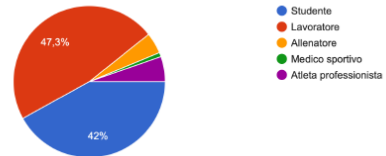
#### Età

112 risposte



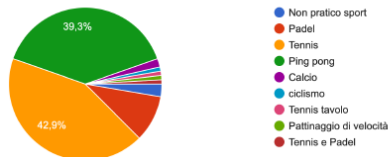
#### Professione

112 risposte



#### Che sport pratici?

112 risposte



#### Da quanto tempo pratici questo sport?

112 risposte

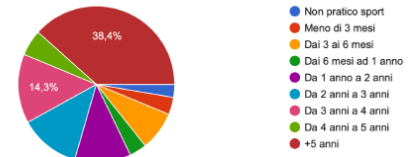
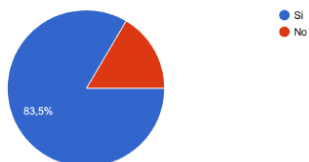


Figure 1: La maggior parte degli utenti hanno tra i 18 e i 24, e per lo più praticano tennis e/o ping pong da più di tre anni.

## Interesse nel prodotto

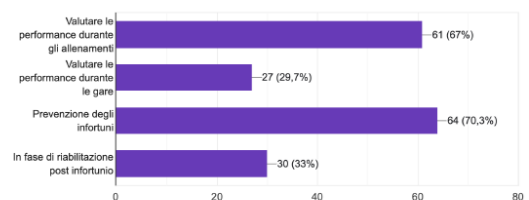
#### Utilizzeresti il manicotto al fine di migliorare le tue performance o prevenire gli infortuni?

109 risposte



#### Per cosa lo utilizzeresti principalmente? (puoi scegliere più risposte)

91 risposte



#### Quanto pensi possa costare un prodotto di questo genere?

18 risposte

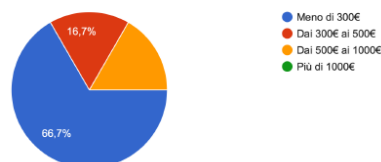


Figure 2: Gli utenti hanno espresso interesse verso il manicotto sensorizzato soprattutto per finalità di monitoraggio e prevenzione degli infortuni, indicando come prezzo consono per lo stesso soprattutto la fascia "minore di 300€".

| Parola chiave               | Frequenza | Espressioni associate  |
|-----------------------------|-----------|--|
| Leggero                     | 54        | Leggerezza   |
| Facile                      | 48        | Facile da ... capire, inserire, lavare, riporre, togliere, usare |
| Comodo                      | 31        |  |
| Traspirante                 | 13        | Traspirazione  |
| Non ingombrante             | 9         | Poco ingombrante, Compatto                                       |
| Elastico                    | 8         |  |
| Lavabile                    | 8         | Lavabilità   |
| Economico                   | 7         |  |
| Pratico                     | 7         |  |
| Resistente                  | 6         | Resistenza   |
| Semplice                    | 6         | Semplicità   |
| Facile da lavare            | 6         | Facile da pulire   |
| Innovativo                  | 5         |  |
| Utile                       | 5         | Utilità  |
| Preciso                     | 5         | Precisione, Precisione nei dati raccolti                         |
| Comodità                    | 4         |  |
| Duraturo / Durevole         | 4         |  |
| Flessibile                  | 4         | Flessibilità   |
| Ergonomico                  | 3         |  |
| Bello                       | 3         | Esteticamente bello, Attenzione all'Estetica                     |
| Colorato                    | 3         |  |
| Funzionale                  | 3         |  |
| Smart                       | 3         |  |
| Impermeabile                | 2         |  |
| Indistruttibile             | 2         |  |
| Non ostacolare il movimento | 1         |  |
| Unisex                      | 1         |  |
| Sostenibile                 | 1         |  |
| Solido                      | 1         |  |
| Portatile                   | 1         |  |
| Resistenza                  | 1         |  |
| Non fastidioso              | 1         | Non impattante nei movimenti, Non ingombrante                    |
| Non troppo pesante          | 1         | Non troppo stringente  |
| Fresco                      | 1         | -  |
| Indossabilità               | 1         | -  |
| Minimal                     | 1         | -  |
| Pulito                      | 1         | -  |
| Reperibile                  | 1         | -  |
| Riscaldante                 | 1         | -  |
| Risultati chiari            | 1         | -  |
| Software aggiornato         | 1         | -  |
| Strutturato                 | 1         | -  |
| Studiato                    | 1         | Studiato approfonditamente                                       |
| Termico                     | 1         | -  |
| Vestibilità                 | 1         | -  |

Figure 3: Risultati della raccolta delle parole chiave secondo la metodologia Kansei, dopo una prima fase di aggregazione.

## Diagramma di affinità



Figure 4: Diagramma di affinità ricavato col Metodo Kansei.

| Lettera | Significato     | Descrizione  |
|---------|-----------------|--|
| A       | Attraiante      | La caratteristica sorprende positivamente: la sua presenza aumenta molto la soddisfazione, ma la sua assenza non genera insoddisfazione. |
| M       | Must-be         | Caratteristiche attese come standard: la loro assenza causa forte insoddisfazione, mentre la presenza non aumenta la soddisfazione.      |
| O       | One-dimensional | La soddisfazione cresce proporzionalmente alla qualità o quantità con cui la caratteristica è presente.                                  |
| R       | Reverse         | La presenza della caratteristica genera insoddisfazione, mentre la sua assenza è apprezzata.   |
| Q       | Questionable    | Risposte incoerenti o contraddittorie da parte dell'utente, che rendono la classificazione non interpretabile.                           |
| I       | Indifferente    | La caratteristica non influisce sulla soddisfazione: l'utente è neutrale rispetto alla sua presenza o assenza.                           |

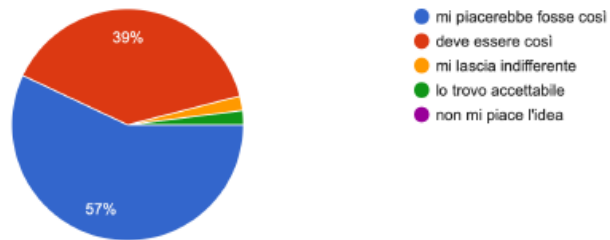
Table 1: Significato delle categorie di risposta nella metodologia Kano

Per quanto invece riguarda le due colonne "CS" e "CI", esse indicano rispettivamente il "Customer Satisfaction Coefficient" e il "Customer Dissatisfaction Coefficient" per ciascuna caratteristica. Il primo indica quanto una caratteristica contribuisce ad aumentare la soddisfazione dell'utente quando è presente (più è vicino a 1, più la presenza è positiva), mentre il secondo indica quanto una caratteristica causa insoddisfazione se non è presente (più è vicino a -1, più la mancanza è critica).

## Risultati del Modello Kano (su una singola caratteristica)

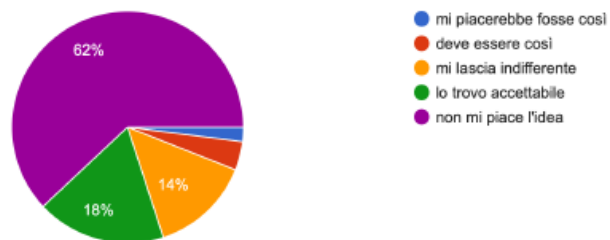
1.1 Se il dispositivo fosse lavabile, cosa ne penseresti?

100 risposte



1.2 Se il dispositivo NON fosse lavabile, cosa ne penseresti?

100 risposte



1.3 Quanto è importante che sia lavabile?

100 risposte

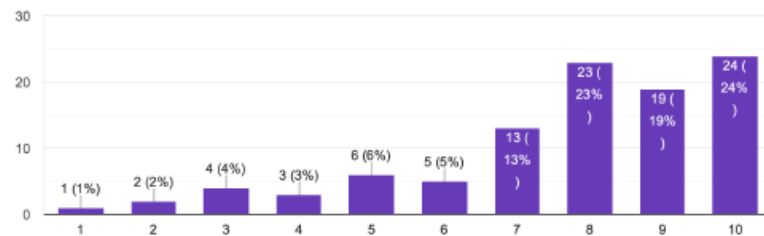


Figure 5: Esempio dei risultati del Modello Kano, in questo caso relativamente alla caratteristica "Lavabile".

### Risultati complessivi del Modello Kano

|                 | A         | M         | O         | R | Q | I         | Totale | Importanza | Valutazione | CS   | CI           |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|---|---|-----------|--------|------------|-------------|------|--------------|
| Lavabile        | 26        | <b>32</b> | 30        | 1 | 1 | 10        | 100    | 7.75       | M           | 0.57 | -0.63        |
| Economico       | <b>43</b> | 12        | 27        | 1 | 1 | 16        | 100    | 7.24       | A           | 0.71 | -0.40        |
| Elasticizzato   | 22        | <b>36</b> | 22        | 0 | 0 | 20        | 100    | 7.93       | M           | 0.44 | -0.58        |
| Comodo          | 7         | 36        | <b>43</b> | 2 | 1 | 11        | 100    | 8.83       | O           | 0.52 | <b>-0.81</b> |
| Impermeabile    | 28        | 5         | 18        | 3 | 1 | <b>45</b> | 100    | 5.85       | I           | 0.48 | -0.24        |
| Traspirante     | 23        | 24        | <b>34</b> | 1 | 2 | 16        | 100    | 7.89       | O           | 0.59 | -0.60        |
| Multisport      | 30        | 10        | 17        | 2 | 1 | <b>40</b> | 100    | 6.47       | I           | 0.48 | -0.28        |
| Connettività    | <b>31</b> | 15        | 20        | 6 | 0 | 28        | 100    | 6.68       | A           | 0.54 | -0.37        |
| Bello           | 29        | 3         | 10        | 1 | 1 | <b>56</b> | 100    | 5.38       | I           | 0.40 | -0.13        |
| Multisensore    | <b>51</b> | 7         | 15        | 2 | 0 | 25        | 100    | 6.73       | A           | 0.67 | -0.22        |
| En. Rinnovabile | 33        | 2         | 9         | 7 | 1 | <b>48</b> | 100    | 5.14       | I           | 0.46 | -0.12        |
| Eco-Sostenibile | 36        | 5         | 12        | 2 | 0 | <b>45</b> | 100    | 5.83       | I           | 0.49 | -0.17        |

Figure 6: Tabella riassuntiva dei risultati del Modello Kano.



## 2 QFD: casa della qualità

Il Quality Function Deployment (QFD) è una metodologia strutturata per tradurre sistematicamente i bisogni del cliente (Voice of the Customer, VOC) in specifiche tecniche ingegneristiche, garantendo coerenza tra aspettative di mercato e sviluppo del prodotto. La sua implementazione si basa sulla Casa della Qualità, un framework suddiviso in quattro sezioni principali:

- **Sezione sinistra (WHAT):** Elenca i requisiti del cliente, gerarchizzati in base alla priorità.
- **Sezione centrale (HOW):** Definisce le Substitute Quality Characteristics (SQC), ovvero le caratteristiche tecniche del prodotto, e ne stabilisce le relazioni con i requisiti tramite una matrice a impatto pesato.
- **Tetto:** Analizza le correlazioni tra le SQCs (sinergie o conflitti).
- **Sezione destra:** Include benchmark competitivi e target prestazionali.

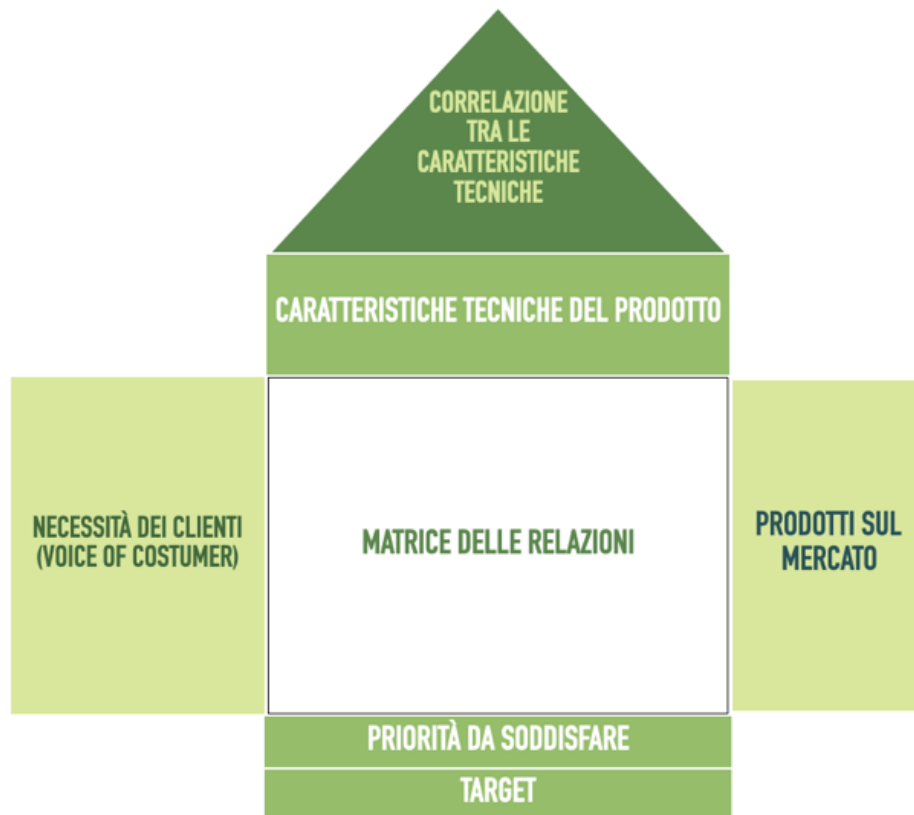


Figure 7: Struttura della casa della qualità.

## 2.1 Identificazione dei requisiti del cliente

Dall'analisi del VOC e dal confronto con prodotti concorrenti (Xsense, Athos, Myon-tec), sono stati identificati 10 requisiti prioritari, raggruppati in tre macrocategorie:

- **Funzionalità base:**

- Lavabile (cicli a 30–60°C)
- Economico (costo contenuto)
- Elasticizzato (adattabilità morfologica)
- Comodo (ergonomia prolungata)

- **Performance avanzate:**

- Traspirabilità (RET codificato)
- Connettività (moduli wireless integrati)
- Multisensore (rilevazione dati multiparametrica)

- **Robustezza:**

- Resistenza a agenti esterni (IP64)
- Durata batteria (6–12 ore)

I requisiti sono stati mappati su 9 SQCs, con priorità determinate tramite pesi relativi % e assoluti come riportato in 8:

| Caratteristica Tecnica         | Importanza Relativa | Importanza Assoluta |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| Composizione materiale         | 26.49%              | 80                  |
| Numero di sensori              | 22.85%              | 69                  |
| Connettività avanzata          | 18.87%              | 57                  |
| Regolabilità                   | 17.88%              | 54                  |
| Temperatura di lavaggio        | 15.56%              | 47                  |
| Capacità batteria              | 13.25%              | 40                  |
| RET (Traspirabilità)           | 11.59%              | 35                  |
| Resistenza agenti esterni (IP) | 9.93%               | 30                  |
| Taglia                         | 6.95%               | 21                  |

Figure 8: Tabella delle caratteristiche.

- **Composizione materiale (26.49%)**: Scelta di Lycra (elasticità) e poliammide elastan (resistenza a trazione) per bilanciare comfort e durabilità.
- **Numero di sensori (22.85%)**: Implementazione di 5 unità (limite superiore) per una copertura biomeccanica completa, superando i 3 sensori dei competitor.
- **Connettività (18.87%)**: Integrazione di protocolli duali (Bluetooth 5.0 + ANT+) per interoperabilità con dispositivi esterni.

## 2.2 Matrice delle relazioni e definizione dei target

La matrice centrale della Casa della Qualità ha collegato i requisiti alle SQCs tramite simboli di impatto (es. 9 = forte, 6 = medio, 3 = basso):

- **Lavabile**: Forte correlazione con Temperatura di lavaggio (30–60°C) e Resistenza IP64 (protezione da acqua e polvere).
- **Elasticizzato**: Direttamente legato a Composizione materiale (Lycra al 20% per elongazione ottimale).
- **Multisensore**: Impatto forte su Numero di sensori (5 unità) e Capacità batteria (ottimizzazione consumo a 90 mW).

Dalla QFD emergono intervalli tecnici riportati in 9:

| Parametro               | Limite Inferiore | Limite Superiore | Target  |
|-------------------------|------------------|------------------|---------|
| Temperatura di lavaggio | 30°C             | 60°C             | 30–60°C |
| Taglia                  | XS               | XXL              | XS–XXL  |
| Resistenza IP           | IP54             | IP64             | IP64    |
| Numero sensori          | 3                | 5                | 5       |

Figure 9: Valori tecnici

## 2.3 Benchmark competitivo e strategia di mercato

Il confronto con i concorrenti ha evidenziato criticità e opportunità:

**Risultati chiave del QFD** fig: 10:

- **Vantaggio tecnologico**: 5 sensori vs. 3 dei concorrenti, con riduzione del rumore tramite algoritmi FIR.

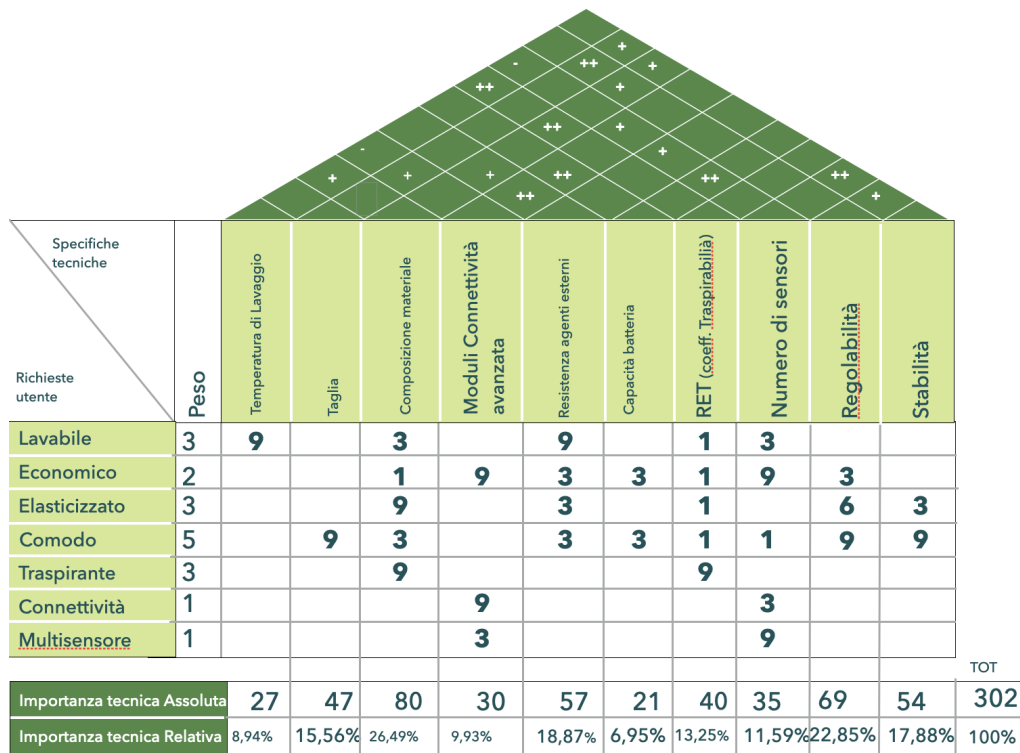


Figure 10: QFD

| Parametro          | Athos | Myontec | Xsense | Nostro Target |
|--------------------|-------|---------|--------|---------------|
| Sensori integrati  | 3     | 4       | 3      | 5             |
| Resistenza IP      | IP54  | IP55    | IP53   | IP64          |
| Autonomia batteria | 8 h   | 10 h    | 6 h    | 12 h          |
| Costo              | 200€  | 220€    | 180€   | 150€          |

- **Ottimizzazione costi:** Utilizzo di poliammide riciclata (-15% costo materiali) senza compromettere la resistenza IP64.
- **Bilanciamento prestazioni:** Adozione di silicone medicale (Shore A 40) per stabilità strutturale, mitigando la riduzione di traspirabilità con microfori da 0.5 mm.

La figura 11 mostra la comparazione delle caratteristiche tra i competitor selezionati (Athos, Myontec, Xsense), mentre in figura 12 viene analizzato il target del prodotto.

| Specifiche tecniche          | Unità di Misura | Athos                             | Myontec                                | Xsense   |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|----------|
| Temperatura di Lavaggio      | °C              | 60°C                              | 30°C                                   | 30°C     |
| Taglia                       |                 | XS-XXL                            | XS-XXL                                 | S-XXL    |
| Composizione materiale       | %               | 76% Nylon<br>24% Lycra<br>Spandex | 71% Polyamide<br>micro<br>29% Elastane | Lycra    |
| Moduli Connettività avanzata | Hz              | /                                 | EMG-IMU 25Hz                           | IMU 60Hz |
| Resistenza agenti esterni    | IP              | IP54                              | IP64                                   | IP68     |
| Capacità batteria            | h               | 10h                               | 12h                                    | 8h       |
| RET (coeff. Traspirabilità)  |                 | 6-12                              | 6-12                                   | 6-12     |
| Numero di sensori            |                 | 3                                 | 3                                      | 5+       |
| Regolabilità                 |                 | /                                 | /                                      | /        |
| Stabilità                    |                 | /                                 | Silicone                               | Silicone |

Figure 11: Analisi di Benchmarking

| Target           | Temperatura di Lavaggio | Taglia | Composizione materiale | Moduli Connettività avanzata | Resistenza agenti esterni | Capacità batteria | RET (coeff. Traspirabilità) | Numero di sensori | Regolabilità | Stabilità               |
|------------------|-------------------------|--------|------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|-------------------------|
| Limite superiore | 60°C                    | XXL    | Polyamide<br>Elastane  | IMU 60Hz                     | IP68                      | 12h               | 6-12                        | 3                 | /            | Inseriti in<br>silicone |
| Limite inferiore | 30°C                    | XS     | Lycra                  | EMG 25Hz                     | IP54                      | 10h               | 6-12                        | 5                 | /            | Inseriti in<br>silicone |
| Nostro target    | 60°C                    | XXL    | Polyamide<br>Elastane  | 60Hz                         | IP68                      | 12h               | 6-12                        | 3                 | /            | Inseriti in<br>silicone |

Figure 12: Definizione dei range

## 2.4 Risultati del QFD

Il QFD ha fornito un framework decisionale chiaro, con i seguenti output:

- **Priorità tecniche validate:**
  - Investire in materiali compositi (26.49%) e connettività avanzata (18.87%).
  - Ottimizzare il design per l'intervallo XS-XXL (6.95% importanza).
- **Specifiche certificate:**
  - Lavaggio a 60°C senza degrado (test ASTM D4964).
  - Batteria agli ioni di litio da 500 mAh con gestione dinamica del consumo.
- **Roadmap di sviluppo:**
  - Protocolli di calibrazione automatica dei sensori.
  - Partnership con app terze per l'analisi dati in tempo reale.

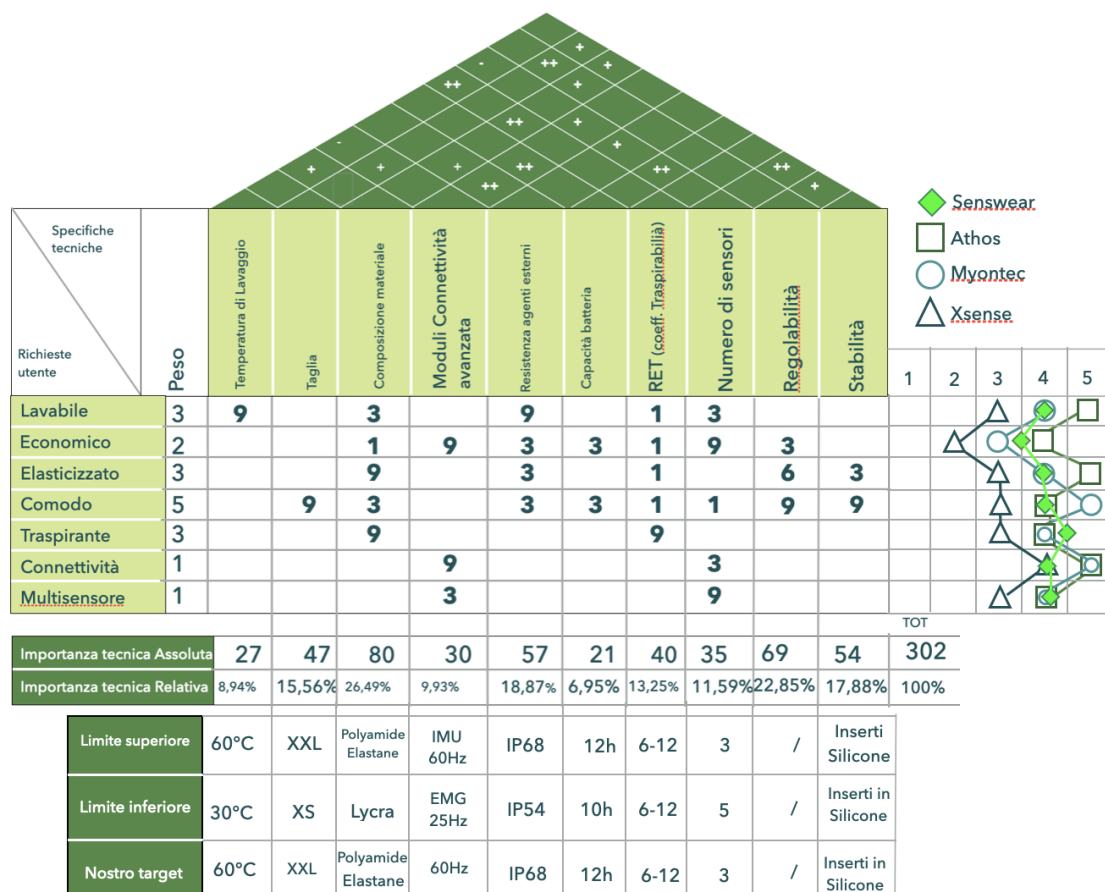


Figure 13: QFD completa