

## Analisi Ergonomica Banco E464



La Carcerano per lo svolgimento di questo lavoro come di consueto si è avvalsa di suoi specialisti e di consulenti esperti

<b>Qualifica risorsa</b>
Capo progetto
Capo progetto tecnico
Tecnici rilevatori
Modellatori di modelli matematici
Specialisti in modelli virtuali
Esperto in analisi e simulazione virtuale con percentili
Ingegneri
Tecnico per elaborazione dati
Responsabile Multimedia e specialisti
Docente di Antropometria ed Ergonomia presso l'Università di Torino membro della Società Italiana di Ergonomia
Dirigente medico della U.O.A. Medicina Preventiva e del Lavoro dell'Ospedale Mauriziano "Umberto I" di Torino, Socio della Società Italiana di Ergonomia
Dirigente medico del Dpt. Traumatologia e Ortopedia e Medicina del Lavoro dell'Università di Torino Ospedale C.T.O.

## Contenuti dell'indagine

### A. Raccolta dati per la valutazione dell'attività lavorativa

#### Campagna di raccolta dati

- a **Definizione del campione**
- b **Analisi pilota**
- c **Rilievo dati antropometrici degli agenti di condotta**
- d **Riprese statiche**
  - i. **rilievo posturale**
  - ii. **riprese**
  - iii. **intervista**
  - iv. **analisi di attuazione del pedale**
- e **Riprese dinamiche**

## Contenuti dell'indagine

- B. Realizzazione del modello matematico delle cabine in esame**
- C. Analisi dei dati**
- D. Elaborazione dei dati di output**

## Contenuti dell'indagine

### A. Raccolta dati per la valutazione dell'attività lavorativa

<b>CABINA</b>	<b>REGIONE ESAMINATA</b>	<b>N° RILIEVI ANTROPOMETRICI</b>	<b>N° RILIEVI POSTURALI</b>	<b>N° INTERVISTE</b>	<b>N° RIPRESE DINAMICHE</b>
<b>E 464_164</b>	<b>LAZIO - ROMA</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>5 (Roma Fiumicino)</b>

## Contenuti dell'indagine

### A. Raccolta dati per la valutazione dell'attività lavorativa



E464.164 - Roma



E464.021 - Torino



E464.192 - Milano

## Contenuti dell'indagine

### A. Raccolta dati per la valutazione dell'attività lavorativa

Rilevazione dati antropometrici e posturali



Posizionamento delle telecamere in cabina



## Contenuti dell'indagine

### B. Realizzazione del modello matematico delle cabine in esame



## Contenuti dell'indagine

### B. Realizzazione del modello matematico delle cabine in esame



## **C. *Analisi dei dati***

L'analisi è stata articolata in tre fasi:

### **1. *Analisi de dati raccolti durante i rilievi statici e dinamici***

#### **1.1 *Elaborazione delle interviste***

#### **1.2 *Elaborazione dei dati posturali rilevati***

#### **1.3 *Elaborazione delle riprese in linea***

### **2. *Analisi ergonomica***

#### **2.1 *Definizione dei parametri di comfort***

#### **2.2 *Realizzazione degli avatar e dei manichini elettronici***

#### **2.3 *Analisi in ambiente virtuale***

### **3. *Conclusioni***

## **C. *Analisi dei dati***

### **1.1 *Elaborazione delle interviste***

**Il sistema è stato suddiviso in tre macro-aree:**

- Sedile
- Sistemi di controllo
- Cabina (lay-out posto di guida)

**I questionari:**

Composti da 54 domande

Somministrati in modo discorsivo

Compilati su sistema informatico con l'ausilio delle riprese video

Dalle indicazioni emerse dall'elaborazione dei questionari, si evince che:

## **C. Analisi dei dati**

### **1.1 Elaborazione delle interviste**

#### **Sedile**

Il sedile risulta in generale **abbastanza confortevole**, soprattutto per quanto riguarda la tipologia di realizzazione della seduta e dello schienale.

Molto apprezzate sono, in generale:

la **presenza dei braccioli**

la possibilità di **ruotare** sul proprio asse

l'abbondante “range” di **regolazioni** possibili

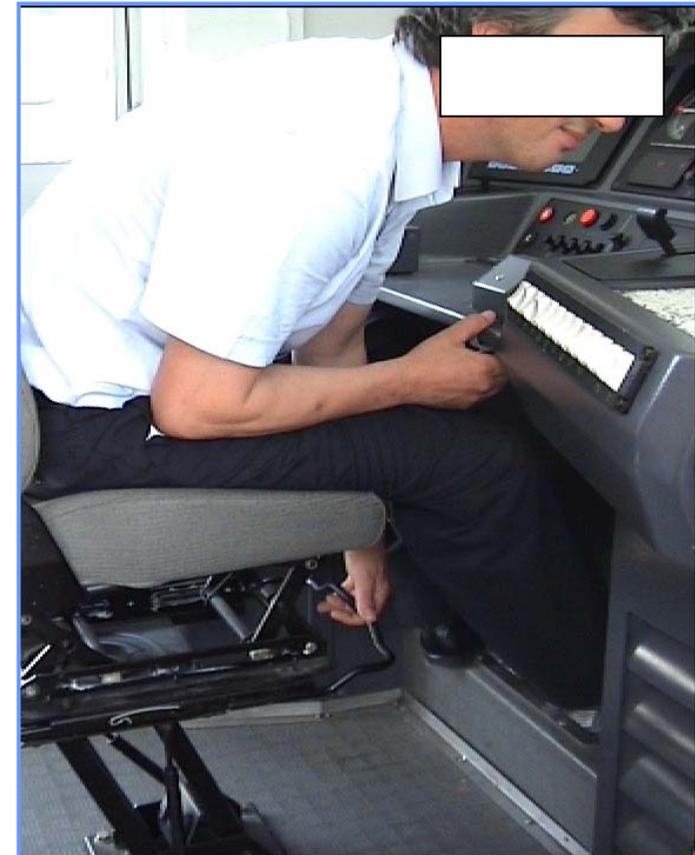
Ma le possibilità di regolazione non sempre vengono tutte utilizzate, perché forse poco conosciute e **non molto intuitive**, o perché **non molto semplici**.

Problema, in qualche modo legato al “Vigilante”, è il fatto che, se si imposta una sbagliata posizione del sedile, a causa delle poco agevoli modalità di modifica della stessa e dell’obbligo dell’attivazione del Vacma, questa deve essere mantenuta tale, almeno fino alla fermata successiva.

## C. *Analisi dei dati*

### 1.1 *Elaborazione delle interviste*

#### *Sedile*



## **C. Analisi dei dati**

### **1.1 Elaborazione delle interviste**

#### **Sistemi di controllo**

La cabina esaminata era allestita con la seguente dotazione:

**1.RSC** (Ripetizione dei Segnali Continua)

**2.VIGILANTE** di tipo VACMA con interfaccia a pedale e due interfaccia touche sul banco.

**3.(S)CMT** (Controllo Marcia Treno)

Premesso che i macchinisti ripresi durante le corse dinamiche hanno usato, in generale, il sistema VACMA a pedale solo per il tempo della formazione, comunque per un tempo molto limitato, e mai avevano avuto modo di usare le *touches*, sono da evidenziare le seguenti criticità:

## C. *Analisi dei dati*

### 1.1 *Elaborazione delle interviste*

#### ***Sistemi di controllo***

#### **Confusione e sovrapposizione nella gestione delle interfacce “pedale” e “touches”**

Nel caso esaminato a Roma erano state installate, in via sperimentale, due interfacce manuali sul banco di guida, indicate come “touches”. La presenza di tre interfacce del sistema vigilante ha messo in evidenza una certa incongruità di funzionamento, dovuto al fatto che entro 55 secondi occorre rilasciarle tutte.

Pertanto anche chi opta per l'uso della *touche* tenendo appoggiati i piedi sulla pedana, e quindi sul pedale del VACMA, entro il tempo previsto deve sollevare le mani ed i piedi.

#### ***Sovrapposizione acustica dei segnali Scmt, Rcs e Vacma***

I tre suoni dei tre segnali sono percepiti come del tutto uguali.

Questa circostanza sembra generare abbastanza spesso confusione e momenti di imbarazzo nel dover rapidamente rispondere al *sistema giusto*.

In presenza di errore nella risposta, viene a manifestarsi una “impasse” vera e propria, che può generare affanno, distrazione e nuovi errori di risposta.

## **C. Analisi dei dati**

### **1.1 Elaborazione delle interviste**

#### **Sistemi di controllo**

##### ***Imposizione e costrizione posturale***

In questa cabina la leva del freno è in posizione arretrata rispetto al banco di condotta ed è poco visibile se si sta seduti molto vicini al banco stesso, (come impongono l'utilizzo del pedale VACMA e l'interfaccia del sistema SCMT).

I macchinisti, quindi, abitualmente tengono la mano sul freno, per non doverlo cercare alla bisogna. Molte delle critiche evidenziano come il più grave effetto negativo, portato dall'introduzione del Sistema a pedale del VACMA, sia l'impossibilità di alzarsi in piedi.

##### ***Spazi ridotti sotto il banco e difficoltà al raggiungimento del pedale***

L'attuale collocazione sotto il banco, inoltre, del dispositivo "vigilante", ne rende difficile la raggiungibilità, specialmente per il personale di statura ridotta; per il personale alto invece, il problema sta nella difficoltà di trovare una posizione che permetta una certa area di libertà per le ginocchia.

Nessuno degli intervistati, infatti, ha manifestato lamentele circa lo sforzo da compiere per azionare il pedale, quanto piuttosto sulla sua difficoltosa raggiungibilità.

## C. *Analisi dei dati*

### 1.2 *Elaborazione dei dati posturali rilevati*

#### QUADRO RIASSUNTIVO DELLE CARATTERISTICHE DEL PERSONALE TRENITALIA INTERVISTATO

<b>QUADRO RIASSUNTIVO DEL PERSONALE TRENITALIA INTERVISTATO</b>					
codice macchinista	regione	sessu	età	altezza	peso
<b>0704-M001</b>	Lazio	M	<b>37</b>	<b>185,5</b>	<b>130</b>
<b>0704-M002</b>	Lazio	M	<b>48</b>	<b>171,4</b>	<b>76</b>
<b>0704-M003</b>	Lazio	M	<b>49</b>	<b>176,4</b>	<b>100</b>
<b>0704-M004</b>	Lazio	M	<b>45</b>	<b>166</b>	<b>62</b>
<b>0704-M005</b>	Lazio	M	<b>50</b>	<b>165</b>	<b>88</b>
<b>0704-M006</b>	Lazio	M	<b>43</b>	<b>185</b>	<b>75</b>
<b>0704-M007</b>	Lazio	M	<b>49</b>	<b>183</b>	<b>79</b>
<b>0704-M008</b>	Lazio	M	<b>56</b>	<b>178</b>	<b>75</b>
<b>0704-M009</b>	Lazio	M	<b>51</b>	<b>169</b>	<b>97</b>
<b>0704-M010</b>	Lazio	M	<b>51</b>	<b>166</b>	<b>87</b>
<b>0704-M011</b>	Lazio	M	<b>40</b>	<b>184,7</b>	<b>102</b>
<b>0704-M012</b>	Lazio	F	<b>40</b>	<b>155,2</b>	<b>60</b>

## C. *Analisi dei dati*

### 1.2 *Elaborazione dei dati posturali rilevati*



**Statura:** 165 cm - **Peso:** 88 Kg

*Esempio di postura di un soggetto di **statura media** tratta dalle registrazioni dell'analisi dinamica: la schiena è appoggiata allo schienale solo per brevi periodi. Durante la condotta, per poter raggiungere l'interfaccia del sistema SCMT, il macchinista stacca la schiena dallo schienale. Si noti anche come, usando le "touches" tenga i piedi appoggiati sulla pedana a lato del pedale per evitare di premere il pedale stesso.*

## C. *Analisi dei dati*

### 1.2 *Elaborazione dei dati posturali rilevati*



**Statura:**178 cm - **Peso:** 75

**Kg**

***Esempio di postura** di soggetto **piuttosto alto** tratta da analisi dinamica. Il soggetto che non è riuscito a regolare il sedile in modo ottimale alla partenza (cosa pare non infrequente), è costretto a proseguire la corsa senza poter appoggiare la schiena allo schienale. Infatti per l'attivazione del pedale, eseguita correttamente, deve sedersi in punta al sedile. Inoltre per rispondere all' SCMT deve ulteriormente sporgersi in avanti.*

## C. *Analisi dei dati*

### 1.2 *Elaborazione dei dati posturali rilevati*

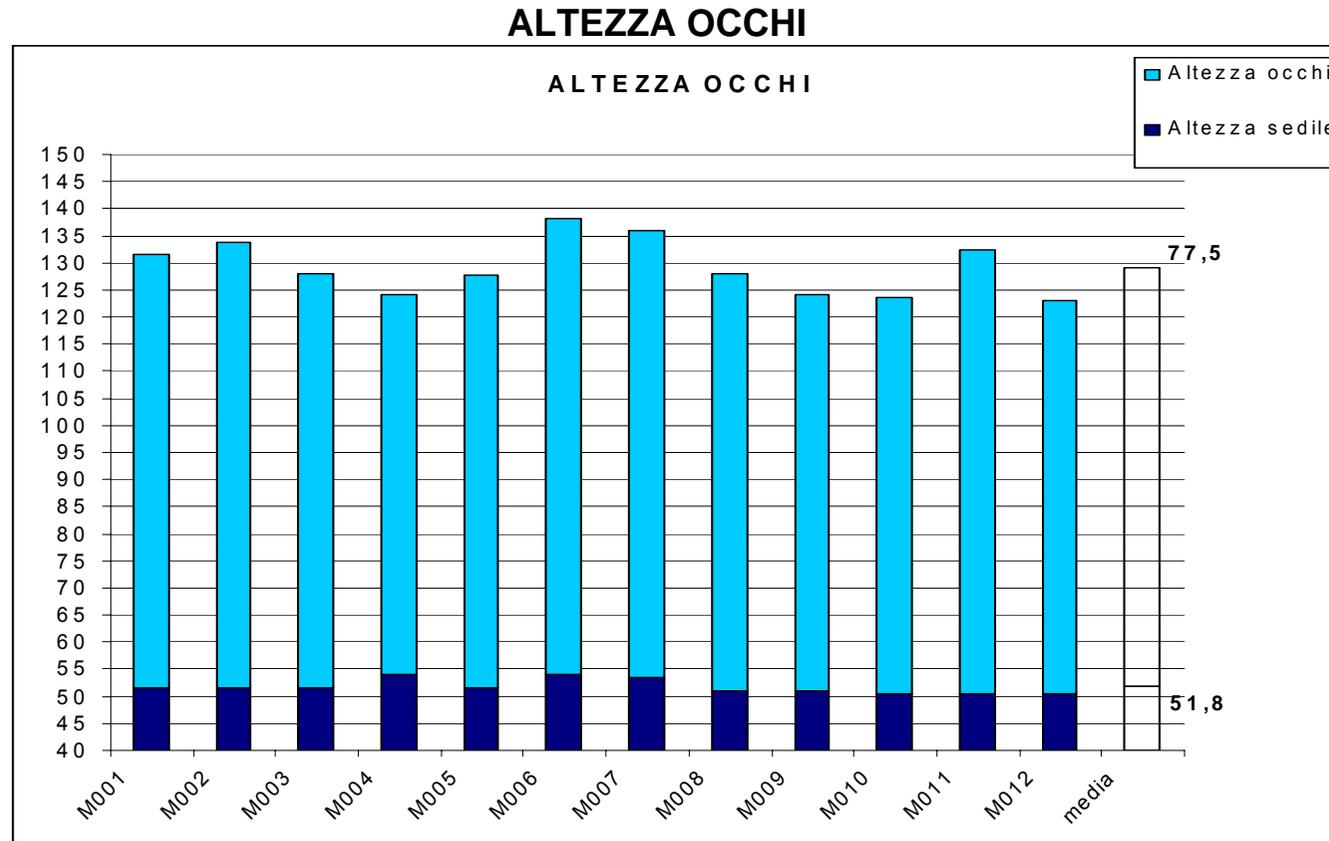


**Statura:**185,5cm - **Peso:** 130 Kg

***Esempio di postura di un soggetto di statura elevata: in questo caso il soggetto di **alta statura e di corporatura piuttosto robusta**, per quanto abbia regolato il sedile “tutto in basso”, premendo il pedale urta con la coscia la parte inferiore del banco di guida.***

## C. *Analisi dei dati*

### 1.2 *Elaborazione dei dati posturali rilevati*



Delta statura: 30,3 cm

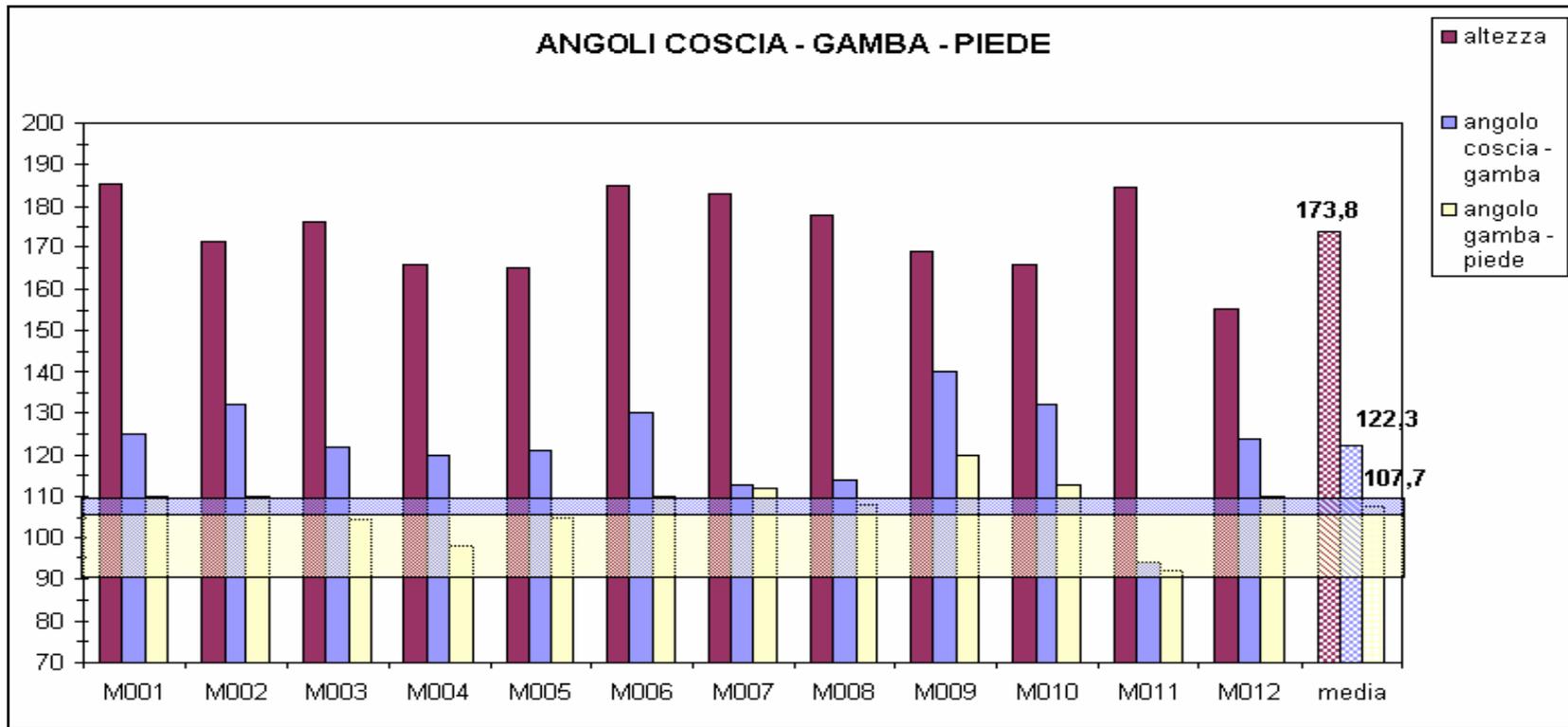
Delta altezza occhi: 14,1 cm

Delta altezza sedile: 3,5 cm

Su dodici persone di altezza differente compresa tra 155,2 cm e 185,5 cm, si sono rilevate cinque differenti altezze del sedile.

## C. *Analisi dei dati*

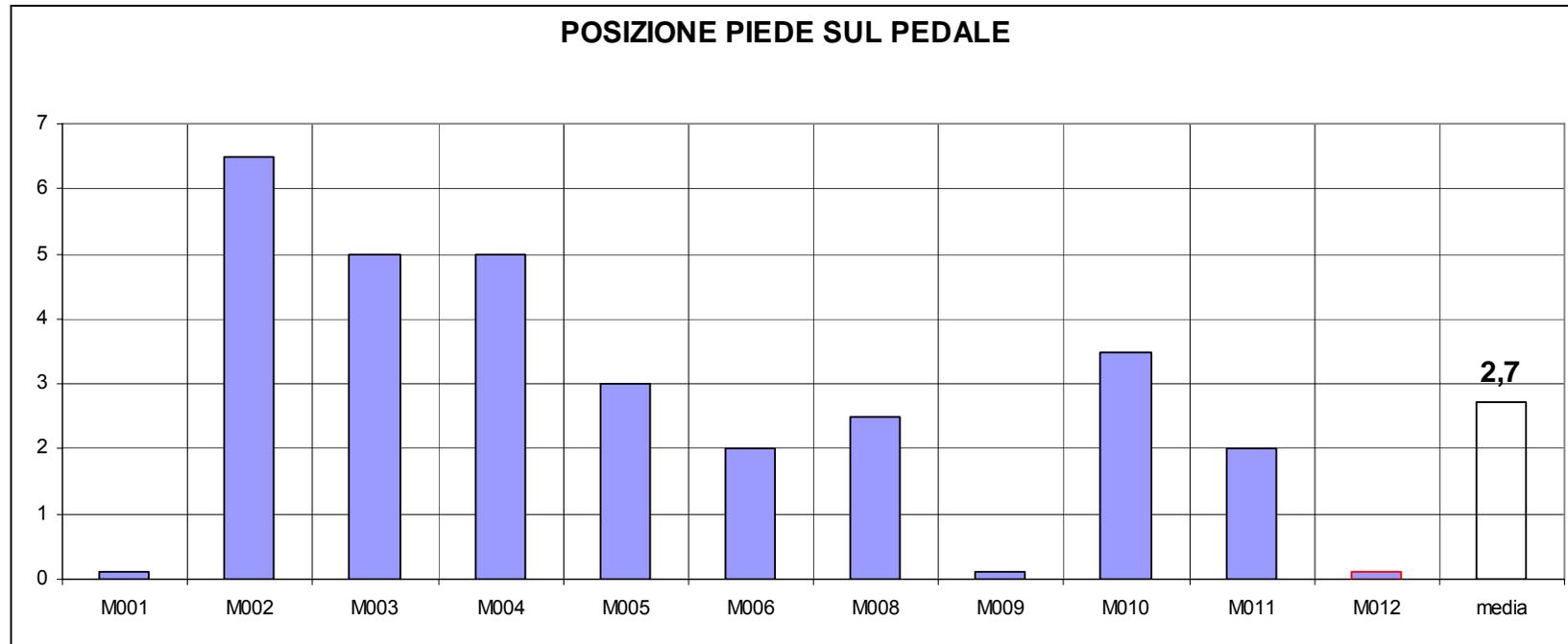
### 1.2 *Elaborazione dei dati posturali rilevati*



L'angolo tra coscia e gamba è piuttosto pronunciato e mediamente sopra i 122 gradi mentre l'angolo tra gamba e piede è mediamente superiore ai 107 gradi.

## C. *Analisi dei dati*

### 1.2 *Elaborazione dei dati posturali rilevati*

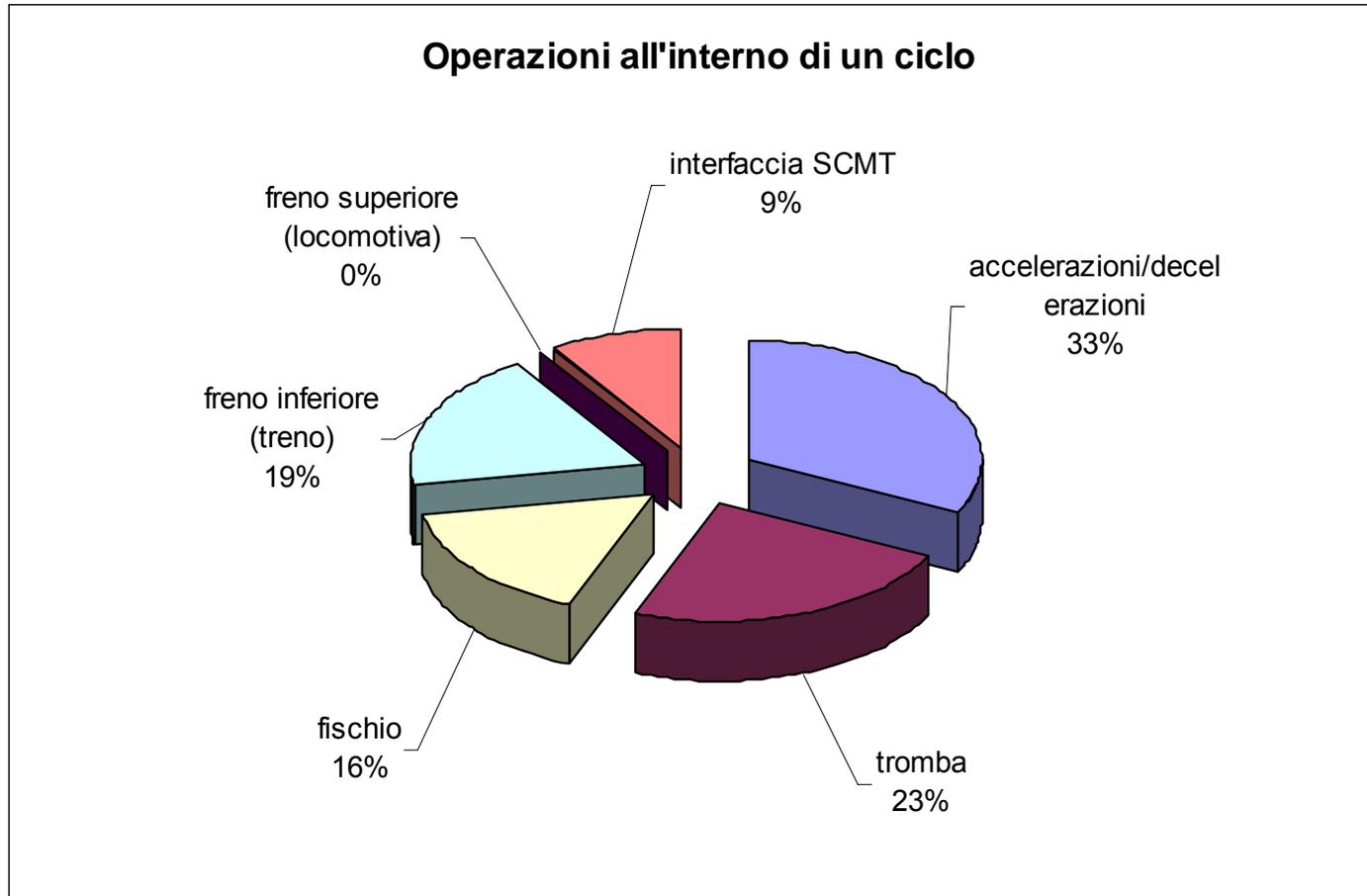


La misura della posizione del piede sul pedale, distanza del tallone dal bordo interno, ci mostra come tutti i macchinisti appoggino il tallone quanto più possibile sopra il fulcro di rotazione del pedale stesso.

## C. *Analisi dei dati*

### 1.3 *Elaborazione delle riprese in linea*

#### Operazioni durante il tragitto: definizione della priorità d'intervento sul lay-out cabina



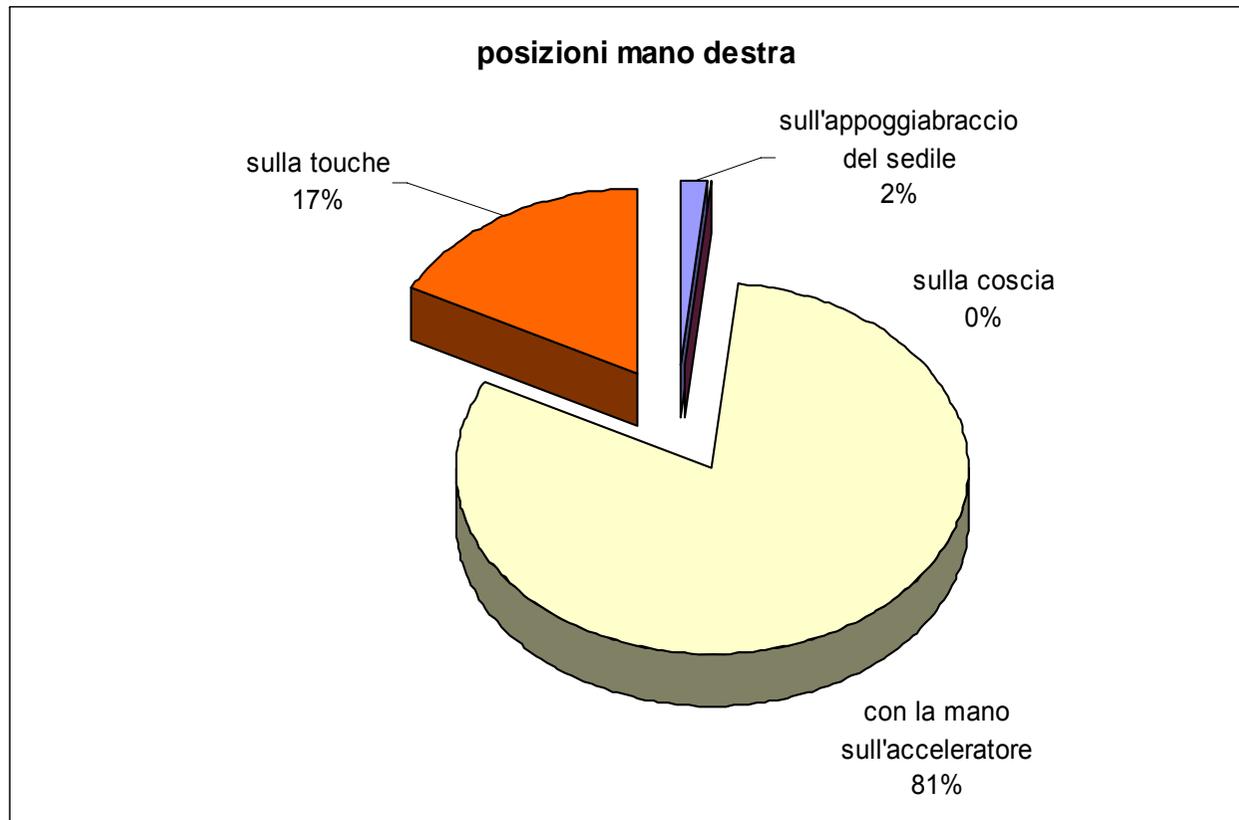
Il comando che più impegna l'operatore durante la marcia del veicolo è di gran lunga la regolazione della velocità (intendendo la somma delle due leve).

E' interessante altresì notare che il fischio venga usato da pochi, ma molto frequentemente, mentre la maggioranza preferisce la tromba come allarme acustico.

## C. *Analisi dei dati*

### 1.3 *Elaborazione delle riprese in linea*

#### posizione della mano destra a riposo

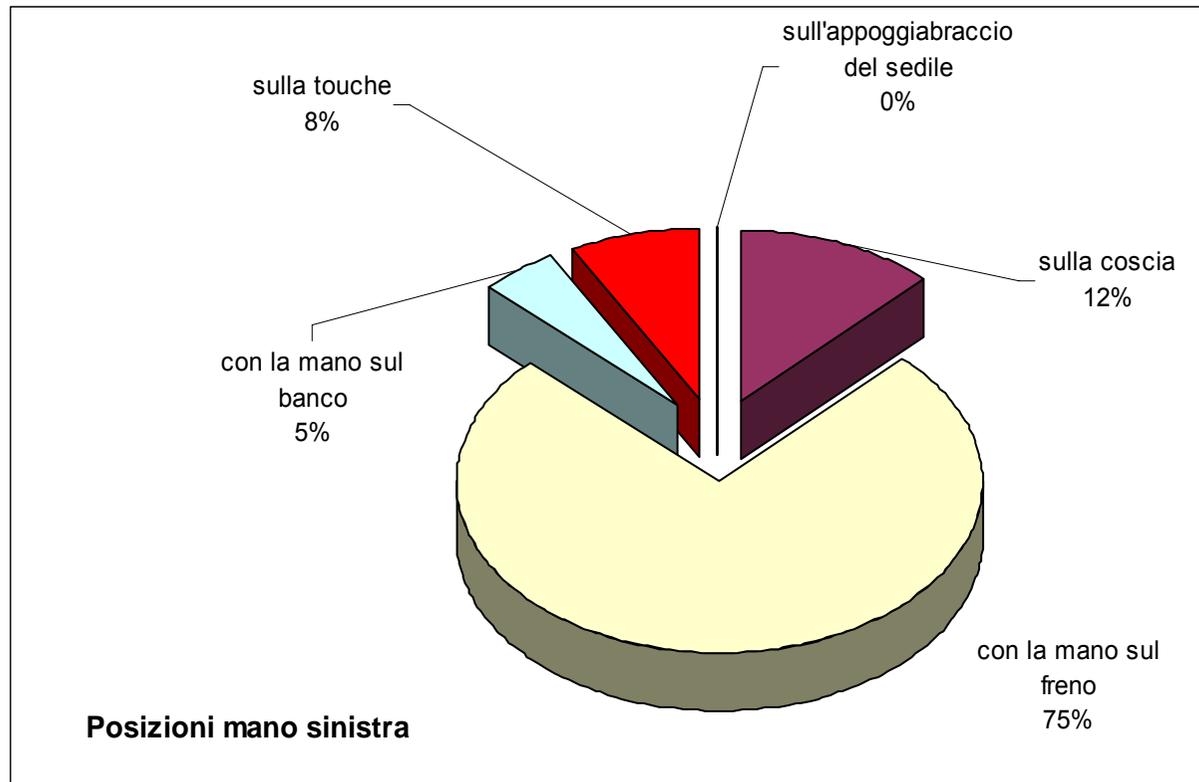


La mano viene lungamente tenuta sulle leve della velocità anche per un tempo maggiore rispetto a quello strettamente necessario all'uso quale strumento di marcia (81%).

L'unica alternativa a questa posizione è tenere l'arto sul dispositivo VACMA "touche" (17%) anche se nelle corse effettuate questo dispositivo risultava essere una novità per gli stessi macchinisti che sono stati sollecitati nella prova.

## C. *Analisi dei dati*

### 1.3 *Elaborazione delle riprese in linea* posizione della mano sinistra a riposo



La postura della mano sinistra è per ben il settantacinque per cento del tempo legata al freno. Tenendo conto della posizione spaziale di quest'oggetto è chiaro che il conducente debba tenere una postura congrua alla sua raggiungibilità.

E' altresì interessante notare che il bracciolo sinistro della sedia risulta pressoché inutile preferendo come appoggio la propria coscia (12%) o il banco (5%).

Il relativo uso che si fa del dispositivo VACMA "touche" potrebbe derivare dalla "necessità" di tenere la mano preferibilmente vicino al freno

## **C. *Analisi dei dati***

### **1.3 *Elaborazione delle riprese in linea***

#### **Azionamento del pedale VACMA**

##### **PEDALE PREMUTO**

Durante la marcia il pedale viene mantenuto premuto per almeno 55'

##### **Obiettivi**

- Evitare condizioni di sovraccarico biomeccanico dei muscoli flessori del piede (gastrocnemio, soleo e peroneo lungo)
- Contenere la forza di pressione della caviglia sul pedale tra 45 e 90 N (4592-9184 g)

##### **Caratteristiche**

- La molla del pedale richiede una pressione di 1300 g (nelle condizioni di usura si arriva a 1500 g)
- Attività di tipo statico
- La forza di attivazione muscolare attiva esercitata dal piede dipende dalla posizione del fulcro del pedale: più è arretrato maggiore è l'effetto passivo dovuto al peso stesso dell'avampiede

##### **Parametri accettabili**

Lo sforzo di attivazione del pedale è contenuto entro i valori di forza raccomandati dalla MIL-STD 1472F (Kroemer)

##### **Parametri da migliorare**

Modificando il fulcro del pedale si può ridurre ulteriormente lo sforzo del pedale

## **C. *Analisi dei dati***

### **1.3 *Elaborazione delle riprese in linea***

#### **Azionamento del pedale VACMA**

##### **RILASCIO PEDALE**

Almeno ogni 55' il pedale deve essere rilasciato istantaneamente

##### **Obiettivi**

- Evitare condizioni di sovraccarico biomeccanico da gesti ripetitivi del piede
- Evitare attivazioni troppo frequenti (minimo di sicurezza: 1 attivazione ogni 55 secondi)

##### **Caratteristiche**

E' previsto un'attivazione (=rilascio del pedale) ogni 55 secondi. Poiché i soggetti del campione osservato hanno mostrato di effettuare mediamente un'attivazione ogni 30-45 secondi, si può ammettere che al più si realizzino un numero triplo di attivazioni rispetto all'atteso, cioè 198 attivazioni all'ora, con una frequenza di azione di 3,3 azioni al minuto

##### **Parametri accettabili**

La frequenza di azione del pedale, anche nelle condizioni peggiori, rimane entro frequenze basse

##### **Parametri da migliorare**

- Informare il lavoratore di rispettare la cadenza di 1 attivazione ogni 55 secondi
- Informarlo della possibilità di alternare i piedi che attivano la pedaliera

## **C. *Analisi dei dati***

### ***2. Analisi ergonomica***

Nell'affrontare l'analisi ergonomica riferita all'installazione del pedale del sistema VACMA, sono stati considerati come prioritari:

1. I vincoli di visibilità
2. La posizione del pedale ed in cascata della gamba e della seduta e della postura in generale.
3. L'attuazione del pedale
4. La raggiungibilità dei comandi

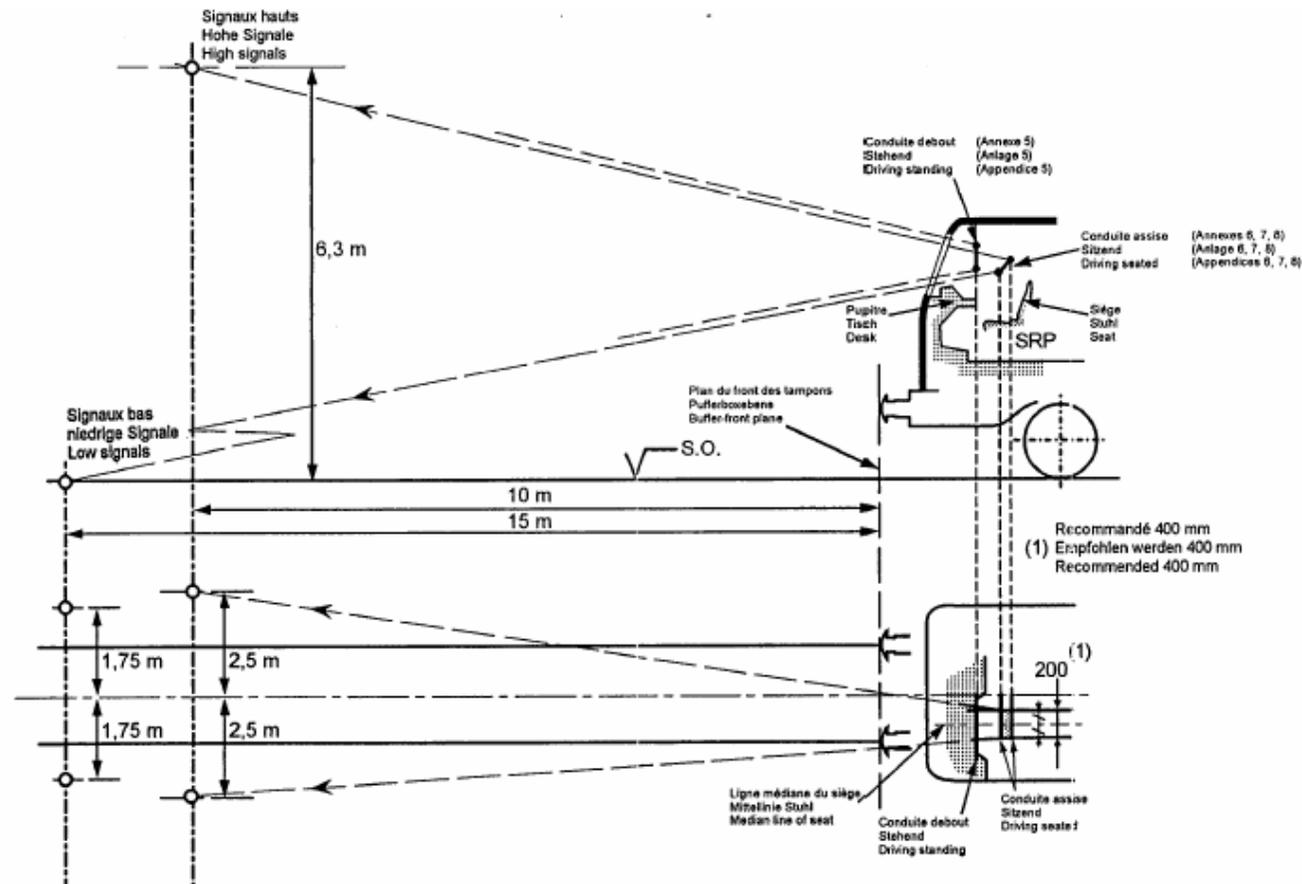
## D. Analisi dei dati

### 2. Analisi ergonomica

#### 2.1 Definizione dei parametri di comfort

##### I vincoli di visibilità

Per la determinazione dei parametri visivi si è fatto riferimento al documento UIC 651 “*Constitution des cabines de conduite des locomotives, automotrices, rames automotrices et voitures-pilotes*” Annex D – *Positions des surfaces de référence des yeux et condition de visibilité de signaux.*

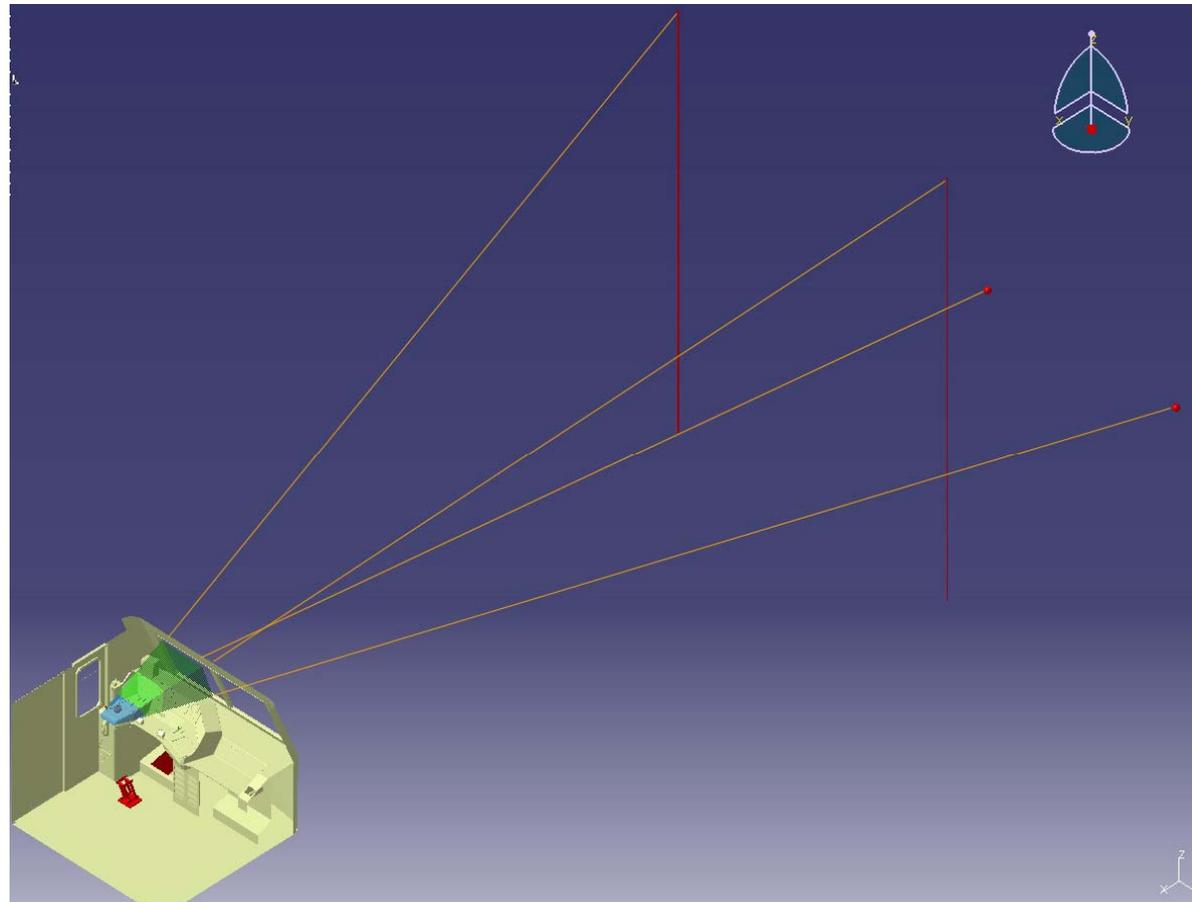


## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.1 *Definizione dei parametri di comfort*

##### I vincoli di visibilità



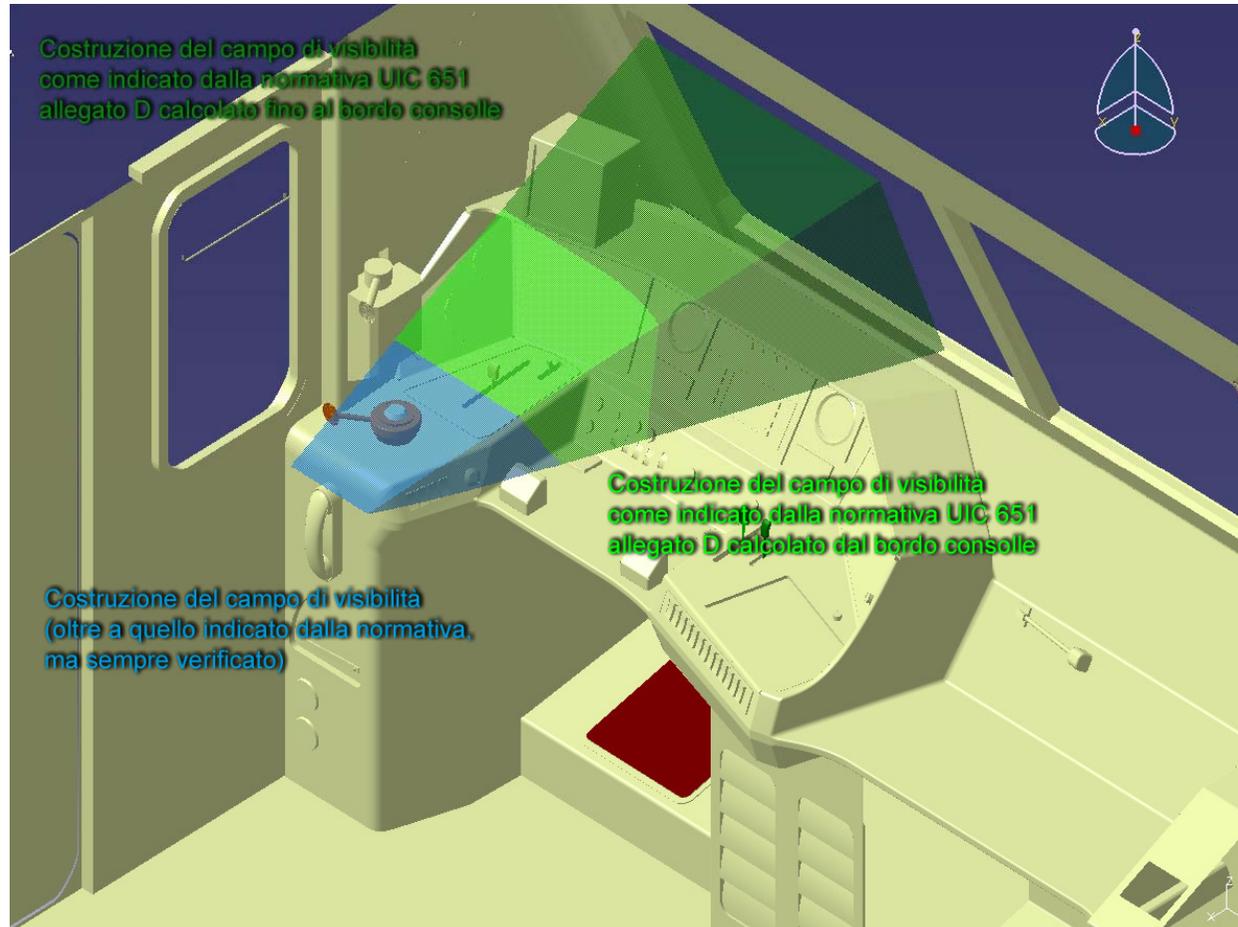
*Un'immagine illustrativa della costruzione del "cono visivo"*

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.1 *Definizione dei parametri di comfort*

##### I vincoli di visibilità



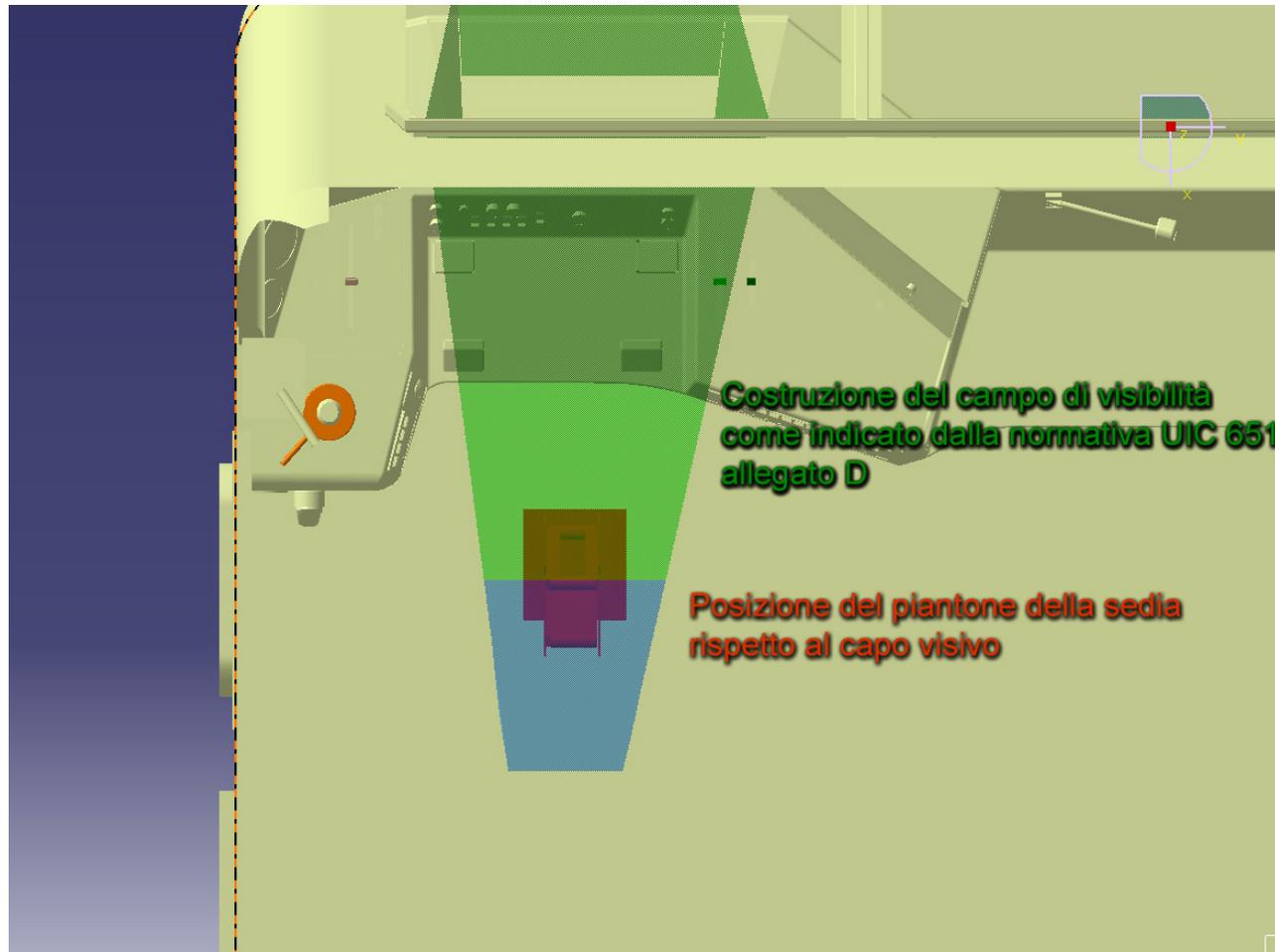
*Un ingrandimento del modello matematico della cabina nel quale è evidenziato il “cono visivo”. Si noti che nella definizione del cono di visibilità non si è tenuto conto della pantina parasole che, se utilizzata, ridurrebbe ulteriormente il cono visivo*

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.1 *Definizione dei parametri di comfort*

##### I vincoli di visibilità



*Posizione della base del sedile rispetto alla consolle*

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.1 *Definizione dei parametri di comfort*

##### Le aree di manovra



*Il freno risulta a circa 545 mm sulla sinistra, mentre il gruppo delle marce a circa 360 mm sulla destra (asse Y). La loro differenza di posizionamento rispetto all'asse X è di circa 260 mm. I comandi risultano però centrati rispetto allo spazio per gli arti inferiori. I pulsanti del "ripetitore di segnale" risultano a circa 470 mm dal bordo interno della consolle mentre risultano più vicini i pulsanti per sabbiera e tromba, posti direttamente sulla parte piana della consolle, ed il fischio.*

## ***D. Analisi dei dati***

### ***2. Analisi ergonomica***

#### ***2.1 Definizione dei parametri di comfort***

**Le aree di manovra**



## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.1 *Definizione dei parametri di comfort*

##### **Analisi della postura.**

Determinazione degli angoli di comfort

Gli angoli di comfort analizzati sono tratti da un studio comparato di angoli di comfort presenti nella letteratura ergonomica per i valori degli angoli corporei per una postura ottimale di seduta al posto di guida di un veicolo industriale.

Angoli di comfort	Kroemer-Elbert 2001		Rebiffé 1969		Wisner-Rebiffé 1977		Grandjean 1980		Bodyspase 1988		Bonnardel 1988	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Angolo della caviglia ( $\zeta$ )	-	-	90	110	85	95	90	110	90	-	85	105
Angolo del ginocchio ( $\epsilon$ )	105	110	94	135	100	120	110	130	110	-	95	135
Angolo del tronco ( $\beta$ )	-	-	95	120	95	135	100	120	95	-	90	115
Angolo dello schienale ( $\alpha$ )	-	-	20	30	10	20	20	25	20	-	-	-
Angolo del spalla ( $\gamma$ )	-	-	10	45	15	35	20	40	-	45	20	35
Angolo del gomito ( $\delta$ )	-	-	80	120	80	90	-	-	70	120	90	120

Il principio ispiratore di queste scelte è quello di dare credito alle posture prese in rilievo pur garantendo l'armonia con la strumentazione presente come descritta nell'analisi ambientale.

## 2. *Analisi ergonomica*

### 2.1 *Definizione dei parametri di comfort*

#### **Analisi della postura.**

Gli angoli evidenziati sono quelli presi in considerazione in questo studio. Nella fattispecie:

**L'angolo dello schienale** della seduta è stato preso più simile a quello già esistente.

**L'angolo del tronco** di conseguenza è più restrittivo (20° gradi di mobilità) anche per evitare posture che implicino un posizionamento degli occhi esterno al cono di visibilità ed eccessive flessioni in avanti per il raggiungimento dei comandi sul banco.

Con spirito analogo sono stati selezionati gli angoli della spalla e del gomito.

**L'angolo del ginocchio** risponde a uno studio specifico<sup>[1]</sup> sull'azionamento di pedali del tipo preso in esame (VACMA).

**L'angolo della caviglia** è stato selezionato fra quelli che non prevedono dorsoflessione, ma solo una lieve flessione plantare.

<sup>[1]</sup> K. Kroemer, H. Kroemer, K. Kroemer-Elbert: *Ergonomics*. Prentice Hall International, Upper Saddle River, 2001: 367-ss.

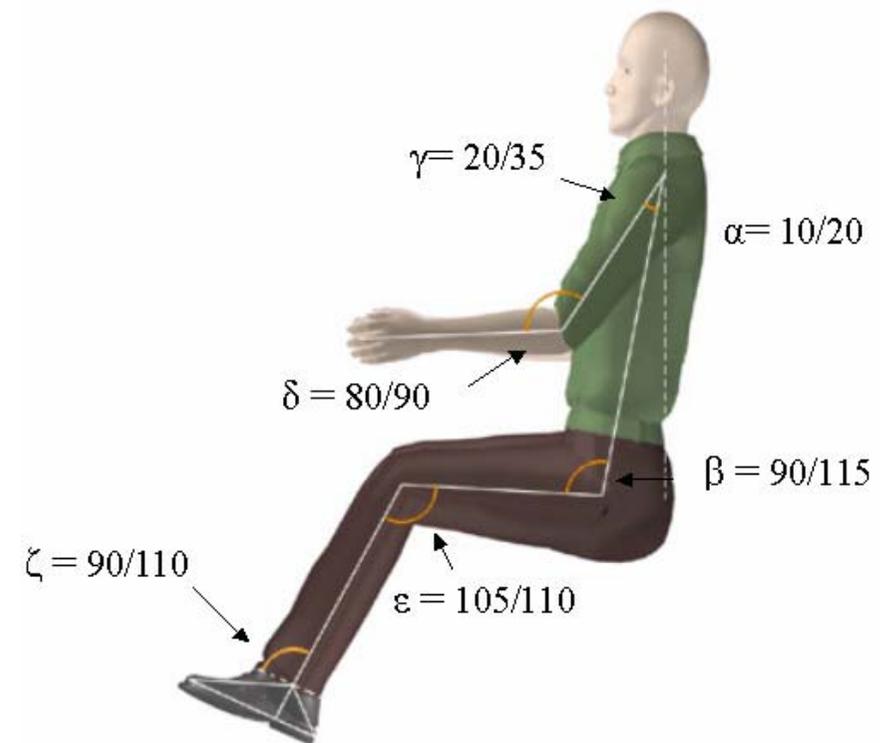
## 2. Analisi ergonomica

### 2.1 Definizione dei parametri di comfort

#### ANGOLI DI RIFERIMENTO ADOTTATI

Angoli di comfort	Min	Max
Angolo della caviglia ( $\zeta$ )	90	110
Angolo del ginocchio ( $\epsilon$ )	105	110
Angolo del tronco ( $\beta$ )	90	115
Angolo schienale ( $\alpha$ )	10	20
Angolo del spalla ( $\gamma$ )	20	35
Angolo del gomito ( $\delta$ )	80	90

In definitiva gli angoli di riferimento per il posizionamento dei manichini in ambiente di simulazione, sono riportati nella tabella e risultano in sintonia con quanto descritto nella norma UIC 651, allegato G.



## 2. *Analisi ergonomica*

### 2.2 *Avatar e manichini elettronici*

#### **Definizione dei percentili di riferimento**

Per l'impostazione dell'analisi ed il calcolo di alcuni parametri di dimensionamento, si è fatto riferimento, a:

- i modelli degli **agenti di condotta** messi a disposizione da Trenitalia (Avatar),
- Per il limite superiore si è fatto riferimento al **95 percentile** maschile (CM 186.7) tratto dalla norma **UNI EN ISO 7250:2000** (Misurazioni di base del corpo umano per la progettazione tecnologica)
- Essendo però, questi valori, largamente lacunosi per quanto riguarda il caso studio in oggetto si sono integrati con i dati tratti dalle tavole antropometriche di **Pheasant**, che sono sicuramente lo standard più autorevole essendo le più complete e le più utilizzate in Europa
- Per il limite inferiore si è fatto riferimento ad un manichino corrispondente ad un individuo di altezza di **160 cm**, limite inferiore indicato dalla normativa UIC 651.
- Ulteriori verifiche sono state effettuate sul 50 e 99 percentile e su un avatar di altezza 160 cm.

## **C. *Analisi dei dati***

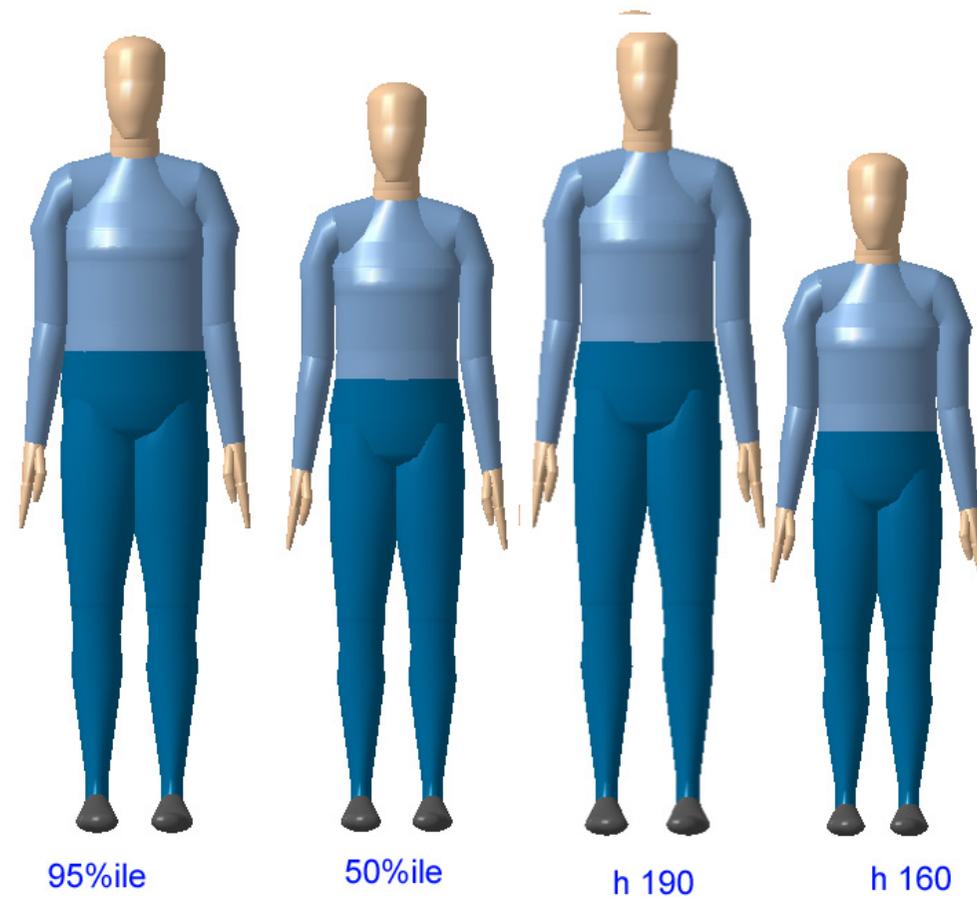
### **2. *Analisi ergonomica***

#### ***Metodologia***

- Alla luce delle **analisi sul campo** e delle **interviste**, si è ipotizzato una postura ideale per tipologia di cabina, tipologia di lavoro, necessità emerse da parte degli agenti di condotta.
- Dopo aver delimitato il **campo di visibilità** nell'ambiente virtuale, vi sono stati posti avatar e percentili con **angoli di comfort** preventivamente definiti.
- In ambiente di simulazione virtuale si sono **simulati i movimenti** dovuti alle operazioni di condotta e del dispositivo a pedale del VACMA
- In relazione alle posture così definite, si sono individuate le **modifiche** da apportare con particolare riferimento al pedale del VACMA.
- Contestualmente si sono fatte delle ipotesi circa il collocamento e la forma delle **interfacce supplementari** del VACMA.

## 2. *Analisi ergonomica*

### 2.2 *Avatar e manichini elettronici*



*Confronto diretto fra i manichini elettronici tratti dai percentili letterari (%ile) e gli avatar calcolati sui rilievi effettuati sul personale Trenitalia (h)*

## C. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### **Angoli posturali**

Considerando ogni rotazione del collo o inclinazione del piano visivo (sia in verticale che in orizzontale) scorretti rispetto alla posizione eretta, ideale, che andrebbe tenuta per la maggior parte del tempo di conduzione, si sono, di conseguenza, verificati gli angoli posturali accettati come angoli di comfort nelle premesse.

E' importante tenere presente la congruità fra:

- lo spazio riservato alle gambe, sotto la consolle
- cono visivo
- piani di manovra dei comandi principali

tali da rendere ogni postura non affetta da torsioni e rotazioni per la conduzione del lavoro.

Dalle analisi dei rilievi risulta che, per ottenere la postura ideale vi sia da **regolare il posizionamento del sedile**, fissato a terra tramite piastra

- sull' asse Z (alto e basso)
- lungo l'asse X (avanti e indietro)
- basculamento intorno all'asse Y.

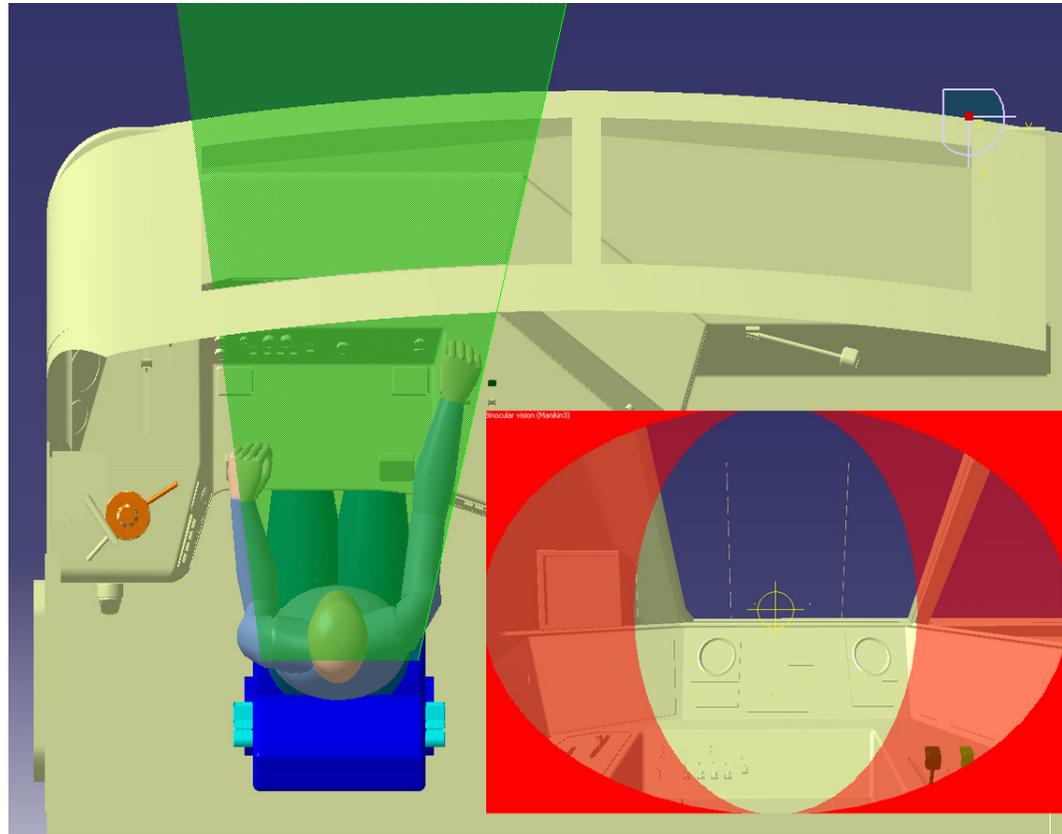
Il processo risulta alquanto laborioso poiché non vi è un comando unico per la regolazione e non vi sono indicazioni di massima sul funzionamento delle varie leve.

## ***D. Analisi dei dati***

### ***2. Analisi ergonomica***

#### ***2.3 Analisi in ambiente virtuale***

##### **Cono ed aree di visibilità**



*Visibilità per il 95 percentile*

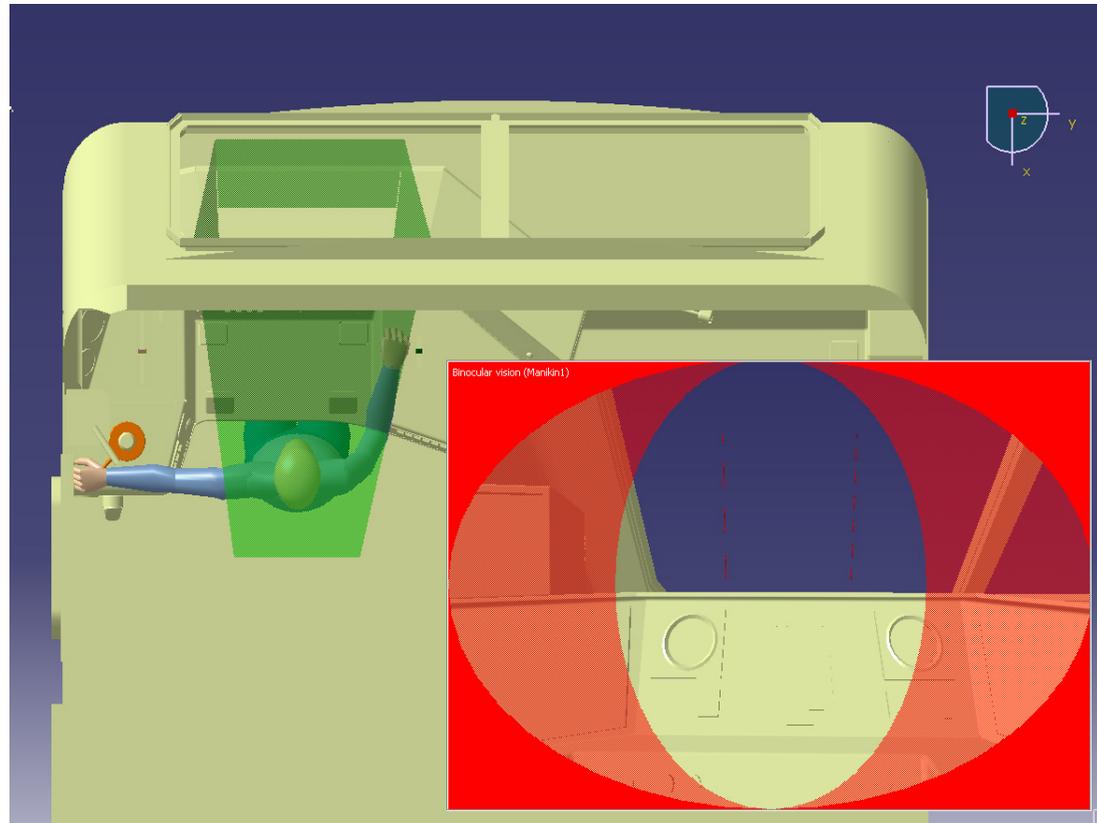
L'asse del cono di visibilità risulta parallelo a quello della consolle. Ciò indica che per una perfetta visione centrale, con rachide in postura neutra (non ruotato, non inclinato) il conducente deve risultare con un piano frontale non ruotato rispetto alla consolle.

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### **Cono ed aree di visibilità**



*Visibilità per il soggetto di 160cm*

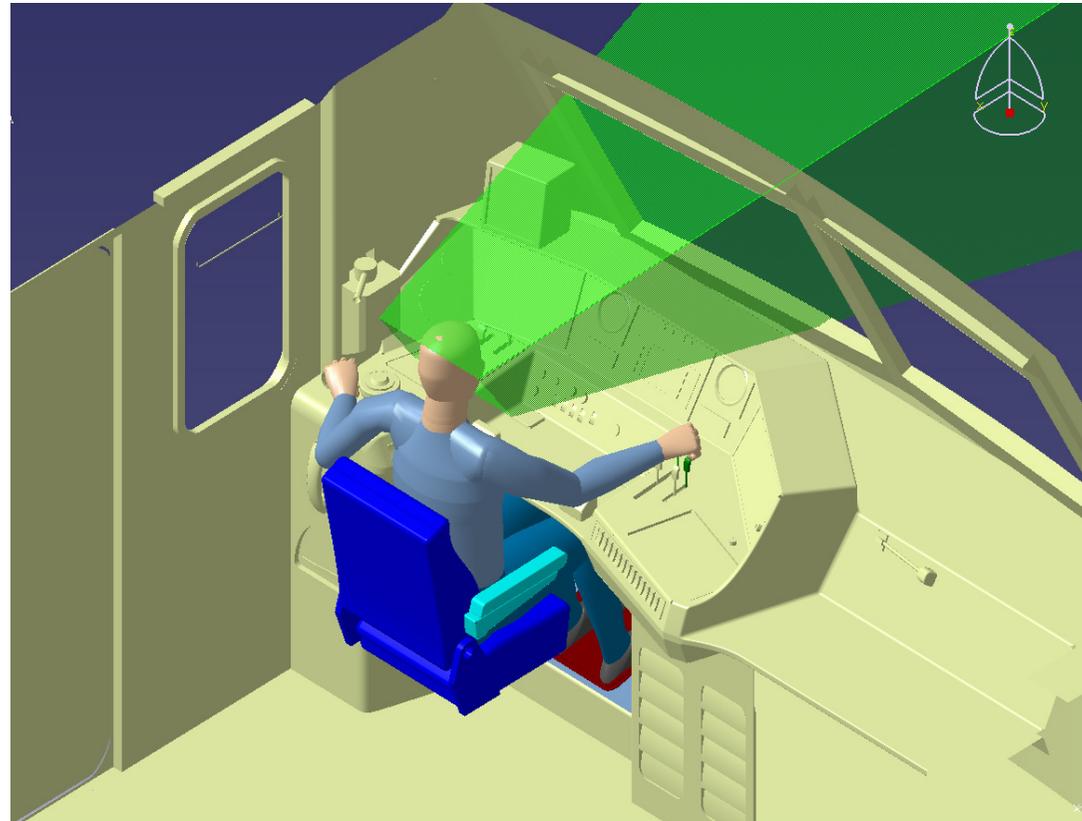
Nell'analisi operata in ambiente di simulazione virtuale, i manichini elettronici precedentemente definiti, sono stati inseriti all'interno della ricostruzione al computer della cabina di guida rispetto al cono di visibilità.

## **D.   Analisi dei dati**

### **2.   Analisi ergonomica**

#### **2.3  Analisi in ambiente virtuale**

##### **Cono ed aree di visibilità**



*Visibilità per un soggetto di 190 cm di altezza*

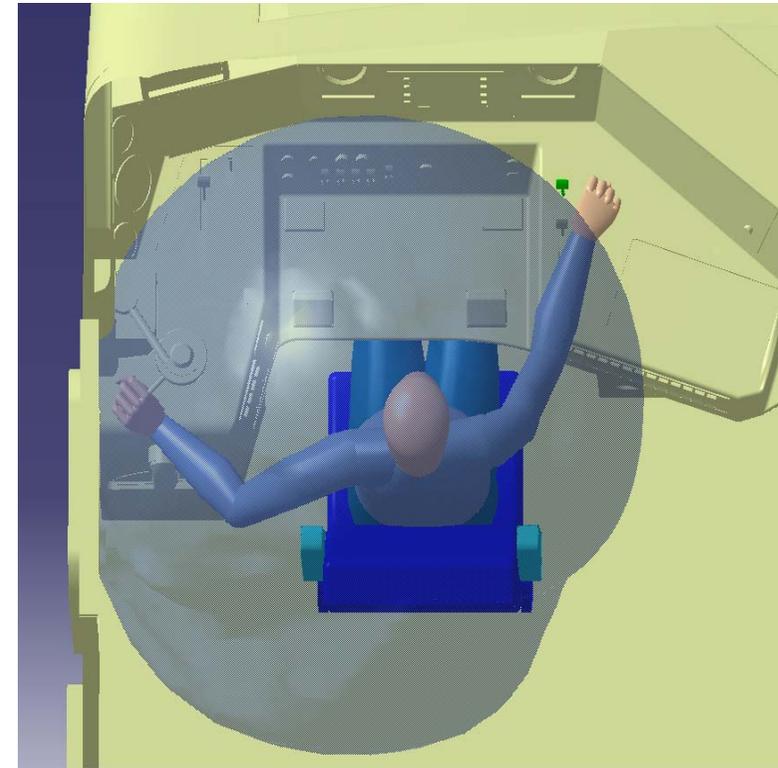
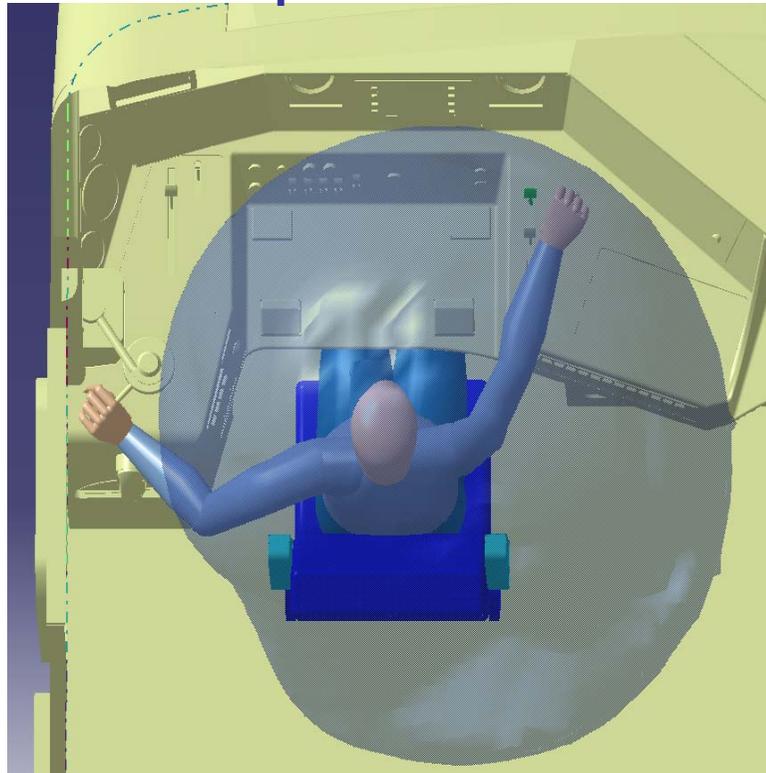
L'altezza del cono visivo varia da un massimo di 1505 mm. a un minimo di 1310 mm. a seconda che ci si ponga più vicini o meno al parabrezza anteriore e conseguentemente la postura varia in funzione di questo *range*. In questa indagine si è pensato di non dare torsioni alla testa o al busto dei soggetti conferendo ai manichini una postura perpendicolare al piano della consolle.

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### *Arti superiori*



*Raggiungibilità mano destra e mano sinistra per il 50 percentile*

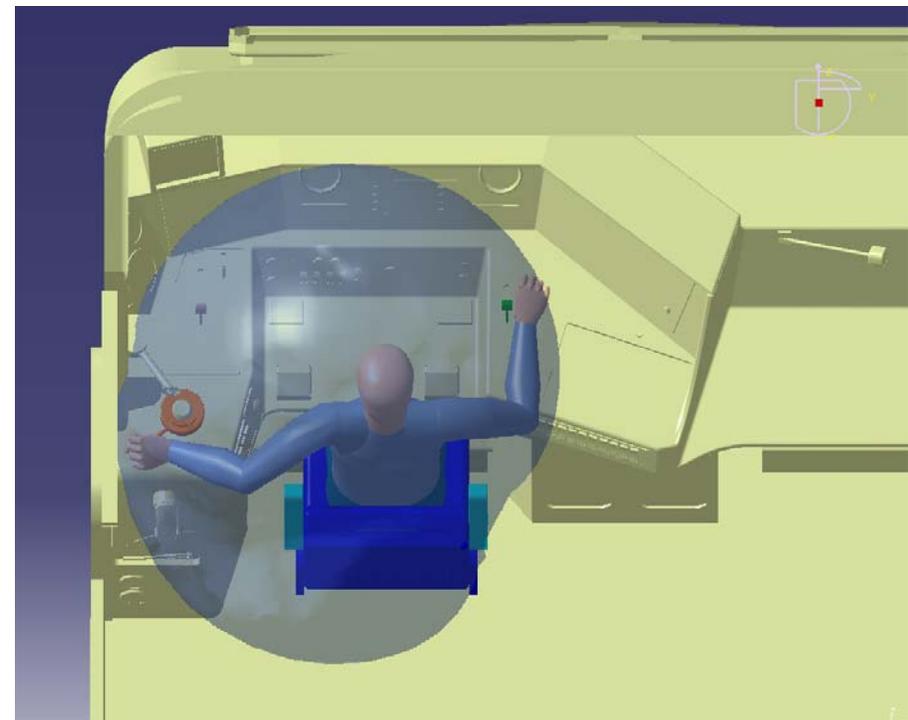
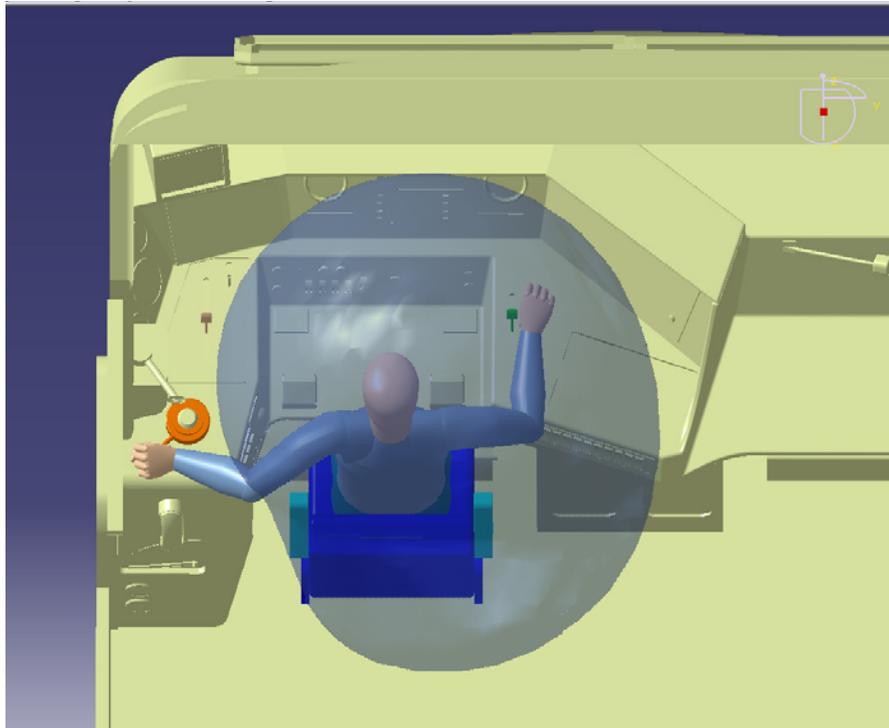
Gli arti superiori sono stati posizionati nel momento dell'attivazione dei comandi principali, cioè nell'utilizzo che se ne fa durante la marcia: la mano destra raggiunge la leva della regolazione della velocità, mentre la sinistra quella del freno. Inoltre non vi è alcuna compensazione con l'eventuale torsione parziale del busto e che l'attivazione contemporanea di entrambi i comandi è poco frequente rapportato al tempo totale di guida.

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### *Arti superiori*



*Raggiungibilità mano destra e mano sinistra per il soggetto alto 160 cm*

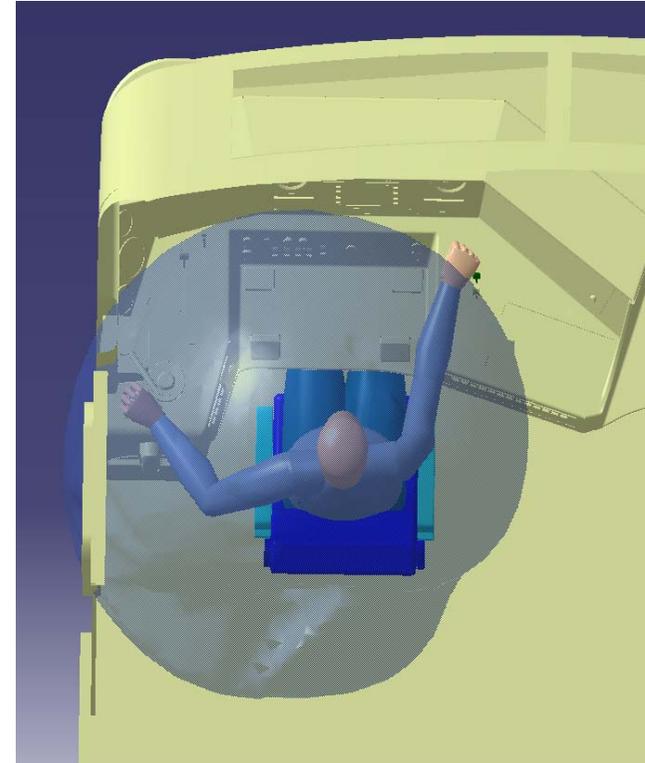
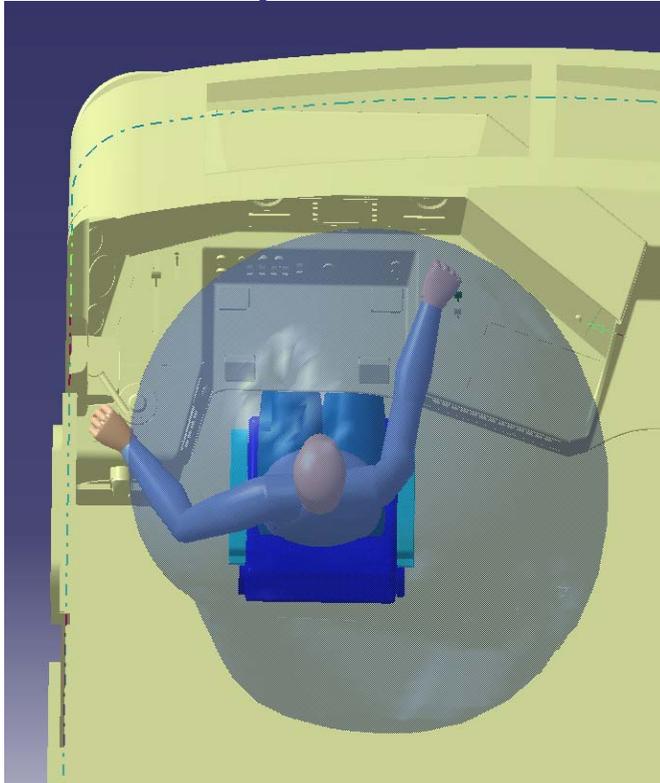
Risulta da segnalare che la notevole distanza del conducente dalla pulsantiera del “ripetitore di segnale” induce al distacco della schiena dallo schienale della seduta flettendo il rachide in avanti per la risposta al ripetitore stesso.

## ***D. Analisi dei dati***

### ***2. Analisi ergonomica***

#### ***2.3 Analisi in ambiente virtuale***

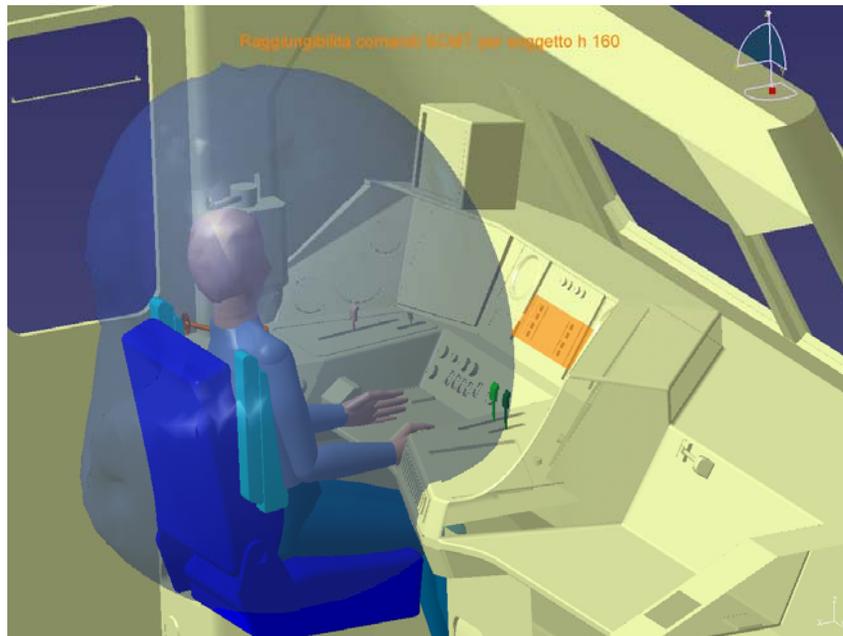
##### ***Arti superiori***



*Raggiungibilità mano destra e mano sinistra per il soggetto alto 190 cm*

**D. Analisi dei dati**  
**2. Analisi ergonomica**

**2.3 Analisi in ambiente virtuale**  
**Arti superiori**



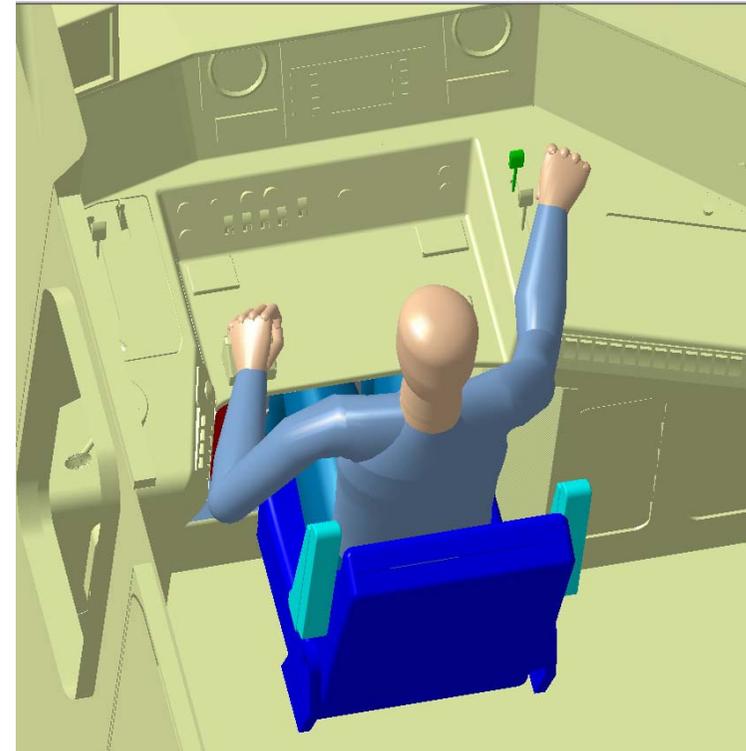
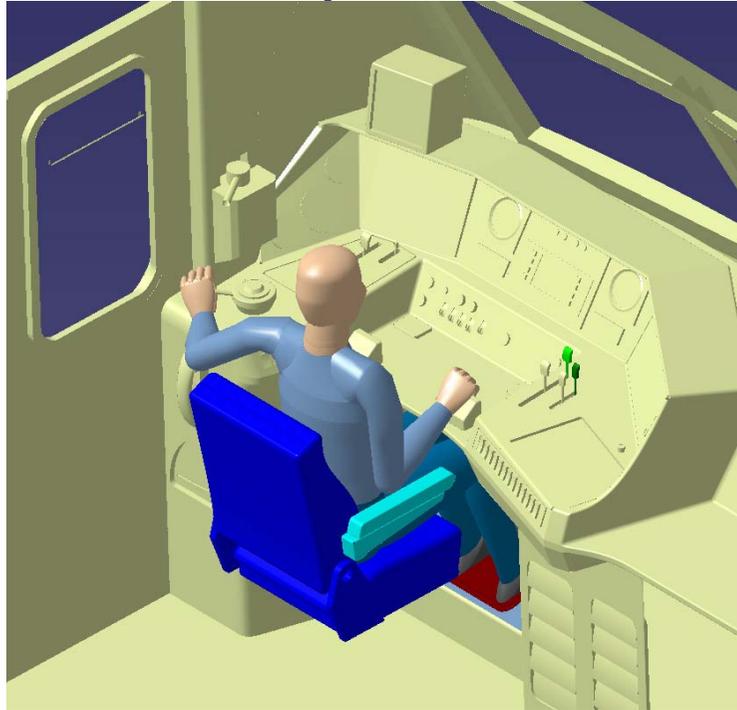
*Raggiungibilità mano destra per il soggetto alto 160 cm e per il 95 percentile*

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### **Arti superiori**



*Posture degli arti superiori con l'attivazione del dispositivo VACMA "touche" con mano destra e mano sinistra per il 50 percentile*

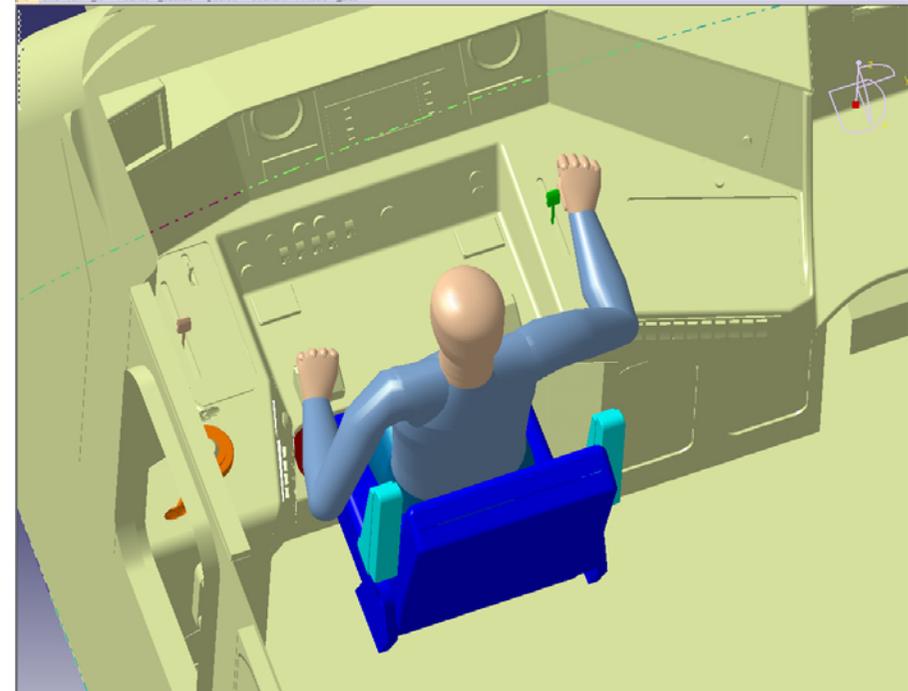
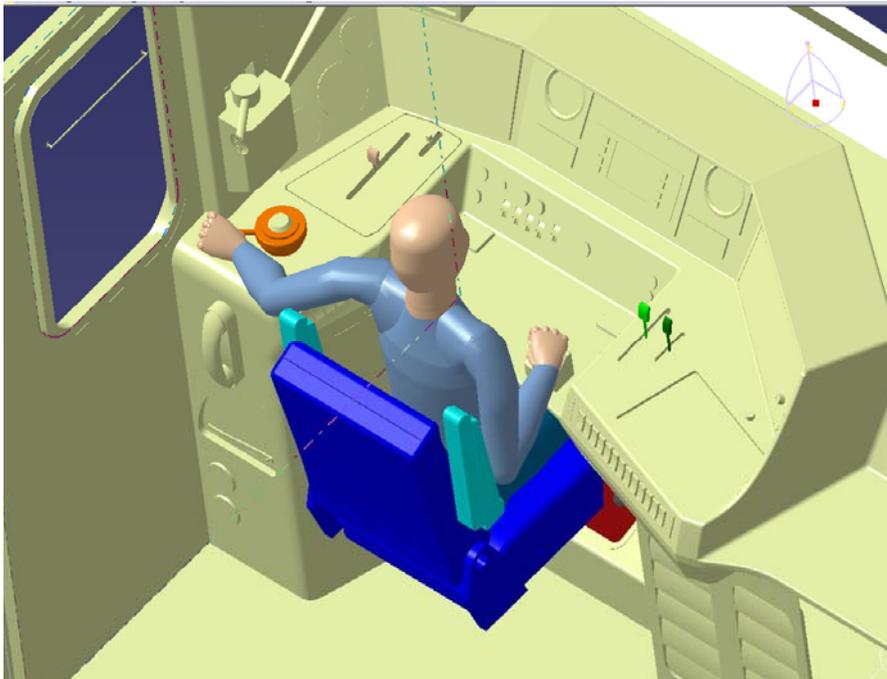
I dispositivi VACMA "thouche" risultano di forma non anatomica costringendo l'avambraccio a una notevole pronazione, inoltre vi è poco spazio fra il dispositivo stesso ed i bordi del piano della consolle. Non risultano interferenze con la raggiungibilità di altri comandi.

## **D. Analisi dei dati**

### **2. Analisi ergonomica**

#### **2.3 Analisi in ambiente virtuale**

##### **Arti superiori**



*Posture degli arti superiori con l'attivazione del dispositivo VACMA "touche" con mano destra e mano sinistra per il soggetto alto 160cm*

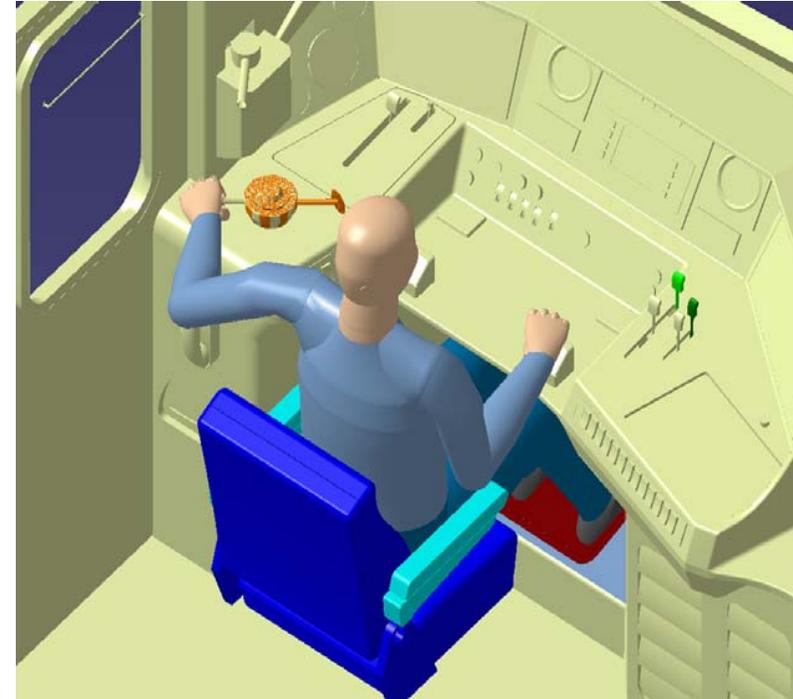
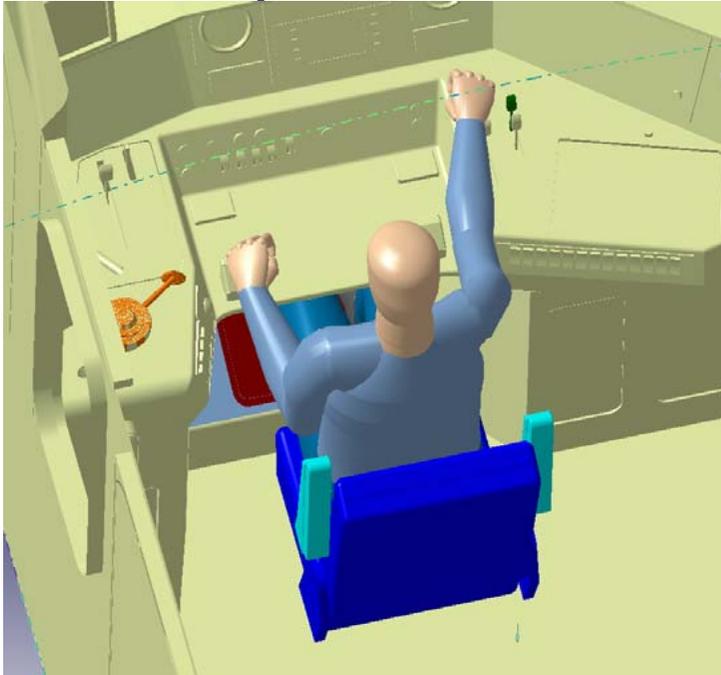
Per i soggetti più piccoli il poggia braccio della sedia può dare fastidio nell'attivazione del dispositivo VACMA "touche".

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### **Arti superiori**



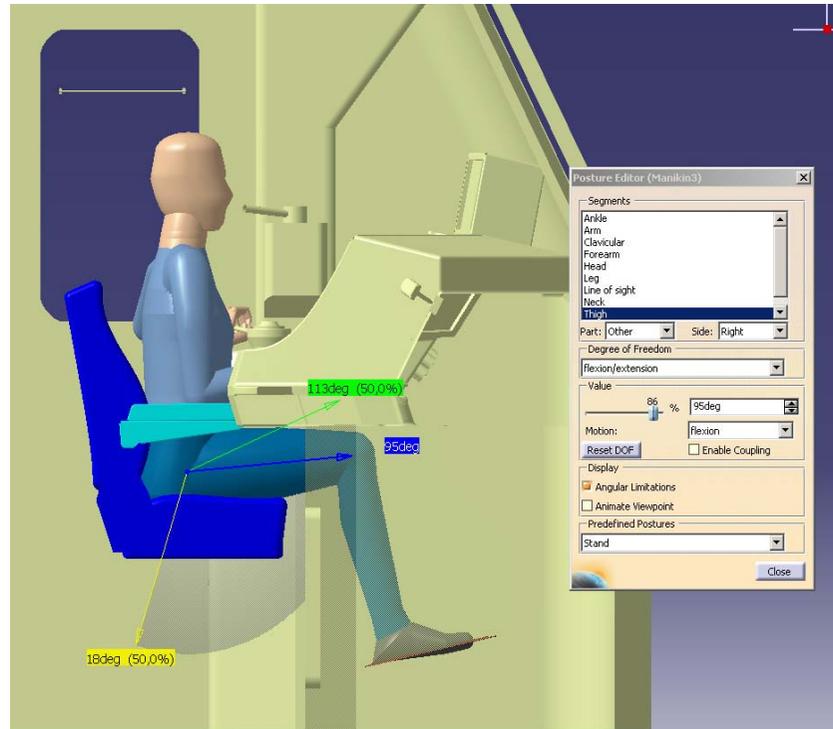
*Posture degli arti superiori con l'attivazione del dispositivo VACMA "touche" con mano destra e mano sinistra per il 95 percentile*

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### **Arti inferiori**



*Posture degli arti inferiori per un soggetto rappresentante il 50 percentile.*

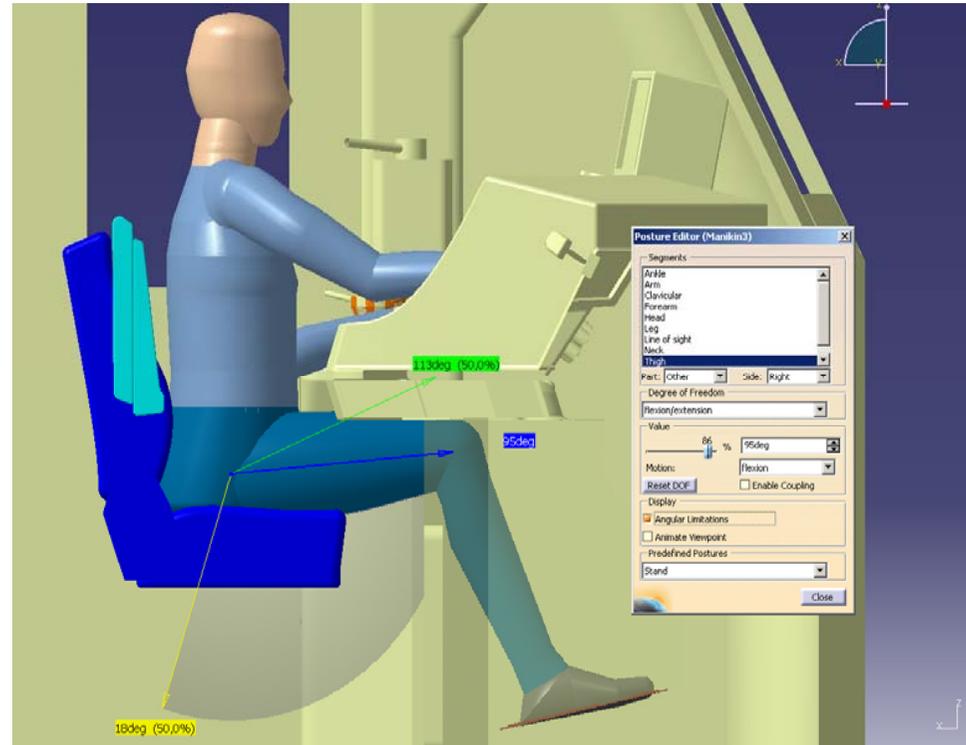
La possibilità di regolare il sedile in altezza consente un più agile posizionamento delle ginocchia, anche dei percentili maggiori, sotto il piano inferiore della consolle. Ne deriva una postura della coscia congrua con le premesse di comfort posturale con un piccolo angolo verso l'alto (5° circa), in sintonia con il piano di seduta, che impedisce lo schiacciamento del cavo popliteo e lo scivolamento in avanti del bacino.

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### **Arti inferiori**



*Soggetto rappresentante il 95 percentile.*

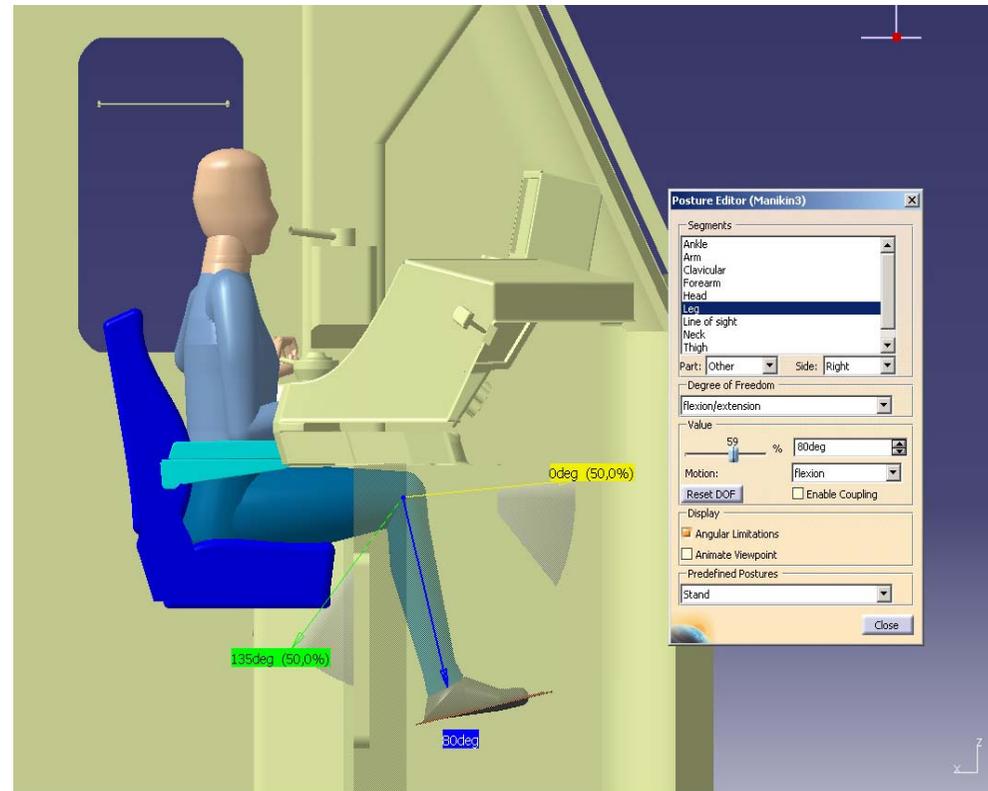
Risulta sicuramente congruo anche l'angolo di adduzione della coscia destra con un lieve distacco del ginocchio, con un angolo compreso fra 0° e 5°, dall'asse baricentrico del soggetto.

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### **Arti inferiori**



*Soggetto rappresentante il 50 percentile.*

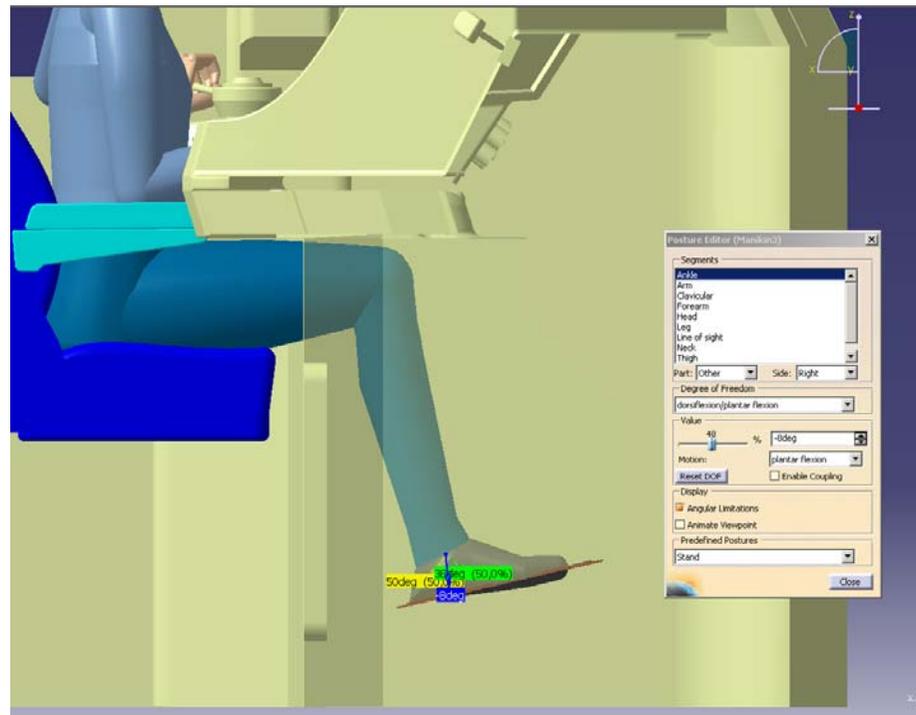
Regolando il sedile in altezza, è possibile poter distendere meno la gamba e riportarla nel *range* di valori accettati come confortevoli. La gamba, in posizione verticale, trasmette bene il proprio peso al piede, riducendo le componenti orizzontali di spinta, aiutando, in modo naturale e non forzoso, lo schiacciamento del pedale del VACMA. Non vi sono torsioni da segnalare né nei percentili bassi né in quelli alti.

## D. *Analisi dei dati*

### 2. *Analisi ergonomica*

#### 2.3 *Analisi in ambiente virtuale*

##### **Arti inferiori**



*Soggetto rappresentante il 50 percentile.*

Anche l'angolo della caviglia rimane congruo ai valori ritenuti ideali. Lo schiacciamento del pedale, che avviene utilizzando semplicemente il peso stesso della gamba, implica una flessione plantare di massimo 15° escludendo la dorsoflessione. Si evidenzia che la caviglia è esente anche da pronazione e supinazione.

## **D.   Analisi dei dati**

### **3.   Conclusioni**

#### **• 3.   Conclusioni**

Dall'analisi effettuata si può concludere che:

- Le attuali condizioni di lavoro non sono tali da determinare patologie.
- Un luogo di lavoro confortevole deve consentire anche di **poter cambiare postura** in modo agevole entro congrui ambiti imposti dalle operazioni di lavoro.
- L'introduzione del dispositivo VACMA nella cabina presa in esame ha complicato l'equilibrio **senza però condurlo fuori da parametri accettabili.**
- Le azioni di miglioramento prospettate sono finalizzate ad incrementare il livello di confort con riferimento a tutta la popolazione Trenitalia

## ***D. Analisi dei dati***

### ***3. Conclusioni***

#### ***SISTEMI DI CONTROLLO***

- 1. VIGILANTE** di tipo VACMA:
  1. interfaccia a pedale
  2. due interfacce touche sul banco
  
- 2. INTERFACCIA RSCMT**

#### ***SISTEMI DI CONTROLLO***

In generale si suggerisce di:

- Inserire l'iterazione con i normali comandi di guida per l'azzeramento del timer del sistema VACMA
- Considerare le touche come normali comandi per l'azzeramento del timer oltre ad essere utilizzabili in alternativa al sistema VACMA pedale
- Modificare il suono dell'avvisatore acustico del sistema VACMA in modo che non sia confondibile con l'avvisatore del sistema SCMT

## ***D. Analisi dei dati***

### ***3. Conclusioni***

#### ***SISTEMI DI CONTROLLO***

##### ***VACMA PEDALE***

Si suggerisce di:

- Riposizionare il **fulcro del pedale più in basso**, in prossimità del bordo inferiore, per consentire una leva migliore alla caviglia.

## ***SISTEMI DI CONTROLLO***

### ***VACMA TOUCHE***

Nel complesso il dispositivo viene giudicato positivamente nella sua funzione alternativa al pedale. Ciò premesso si suggerisce di

- Riposizionarle in linea con la postura ergonomicamente neutra per gli arti superiori
- Realizzare una forma più congrua alla mano

## ***D. Analisi dei dati***

### ***3. Conclusioni***

#### ***SISTEMI DI CONTROLLO***

##### **INTERFACCIA SCMT**

- Si raccomanda di ripensare il posizionamento dell'interfaccia del sistema SCMT assai scomoda da raggiungere per tutti i soggetti.

## ***D. Analisi dei dati***

### ***3. Conclusioni***

#### ***SEDILE***

Il sedile è giudicato **buono** per la molteplicità delle regolazioni

Si raccomanda:

- Di rendere più agevoli i comandi di **regolazioni del sedile**
- Su indicazione dei Macchinisti si segnala la necessità di **irrobustire la leva** per lo scorrimento orizzontale

## ***D. Analisi dei dati***

### ***3. Conclusioni***

## **RACCOMANDAZIONI**

- Le modifiche apportate andranno spiegate e corredate da opportuna formazione sulla postura e sulle modalità di attivazione del pedale e delle touche
- A livello generale bisogna ricordare che le verifiche ergonomiche virtuali possono dare utili indicazioni nella progettazione di ambienti ergonomicamente congrui con un certo grado di comfort ma è bene non sottrarsi alle necessarie verifiche sul campo da effettuarsi con un rotabile prototipo.