

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dipartimento di Psicologia generale**

**Corso di laurea Magistrale in Psicologia Cognitiva applicata**

**Tesi di laurea Magistrale**

**L'utilizzo di materiali retroriflettenti nella prevenzione  
degli incidenti nei ciclisti: due studi sperimentali**

**Retroreflective materials for the prevention of cyclists' collision:  
two experimental studies**

*Relatore*

**Prof.ssa Francesca Pazzaglia**

*Correlatore esterno*

**Prof. Marco Costa**

*Laureanda: Manuela Bellelli*

*Matricola: 1080685*

Anno Accademico 2014-2015



## INDICE

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>Capitolo 1 UTENTE DEBOLE .....</b>	<b>7</b>
1.1 Pedalare attività salutare, ma rischiosa per incidenti stradali .....	7
1.2 Comportamento .....	13
1.3 Le infrastrutture .....	16
1.4 Dispositivi di illuminazione per biciclette .....	19
<b>CAPITOLO 2 LA CATARIFRANGENZA .....</b>	<b>23</b>
2.1 Cos'è la catarifrangenza .....	23
2.2 Visibilità .....	28
2.3 Attenzione visiva e cospicuità .....	29
2.4 Visibilità, illuminazione e materiali ad alta visibilità .....	29
2.5 Percezione e misurazione .....	30
2.6 Colorimetria di materiali fluorescenti e retroriflettenti .....	31
2.7 Problemi spettrali associati con spettrofotometri uno-monocromatico .....	32
2.8 Colorimetria della fluorescenza bispettrale, l'ordine bispettrale .....	33
2.9 La quantificazione della fluorescenza .....	34
2.10 Relazione tra misure fotometriche e la visibilità dei materiali fluorescenti- retroriflettenti .....	35
3. Abbigliamento riflettente .....	36
<b>CAPITOLO 3 USO DEL MATERIALE RIFLETTENTE SUGLI ABBIGLIAMENTI .....</b>	<b>43</b>
3.1 Uso di materiale riflettente sugli abbigliamento dei ciclisti .....	43
3.2 Cos'è il movimento biologico o Bio-Motion? .....	45
3.3 Strumenti ottici: ricordarsi di averli e indossarli .....	49
3.4 La nostra idea è sicurezza passiva .....	62
<b>CAPITOLO 4 L'UTILIZZO DI MATERIALI RETRORIFLETTENTI NELLA PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI NEI CICLISTI .....</b>	<b>63</b>
4.1.1 Introduzione .....	63
4.1.2 Scopo e ipotesi .....	63
4.2 Esperimento I .....	64
4.2.1 Metodo .....	64
4.2.1.1 Partecipanti .....	64
4.2.1.2 Materiali .....	65
4.2.2 Procedura .....	67
4.2.3 Analisi statistiche .....	68
4.2.4 Risultati .....	69
4.2.5 Discussione .....	71
4.3 Esperimento II .....	72
4.3.1 Metodo .....	72
4.3.1.1 Partecipanti .....	72
4.3.1.2 Materiali .....	73
4.3.2 Procedura .....	75
4.3.3. Analisi statistiche .....	75
4.3.4. Risultati .....	75
4.3.5 Discussione .....	79
<b>5. CONCLUSIONI .....</b>	<b>80</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>85</b>



## ABSTRACT

Questi due studi si configurano nell'ambito di una serie di ricerche relative alla sicurezza stradale, in particolare alla prevenzione degli incidenti accaduti ai ciclisti al buio.

La mancanza di cospicuità, definita come la tendenza di un oggetto di distinguersi dal suo sfondo (Langham e Morbely, 2003) nel buio da parte dei ciclisti, li rende soggetti ad un elevato rischio di incidente stradale in quanto il conducente solo all'ultimo momento può rilevarli sulla strada ed adottare una manovra di emergenza per evitare la collisione. Fino ad ora si è studiata la visibilità del ciclista mediante inserti retroriflettenti posti sull'abbigliamento in modo da renderlo maggiormente cospicuo realizzando, attraverso la pedalata, il movimento biologico che richiama l'attenzione del conducente realizzando la detezione e successivamente il riconoscimento del ciclista. Sappiamo che nella realtà, pur essendo obbligatori per legge, sia i dispositivi di illuminazione attivi e passivi sulla bicicletta che, fuori dal centro abitato nelle ore buie, è obbligatorio l'utilizzo di un giubbotto ad alta visibilità, questo non sempre accade: è un tipo di sicurezza attiva, ossia il ciclista deve possedere gli ausili di visibilità e deve ricordarsi di indossarli.

La letteratura mostra anche che i ciclisti sovrastimano la loro visibilità e sottostimano i benefici degli ausili retroriflettenti, in particolare riguardanti il movimento biologico.

Questi miei due studi mirano a diffondere inserti catarifrangenti ECE ONU 104 applicati in modo adesivo sulle forcelle posteriori di colore rosso e sulle pedivelle giallo in modo da rendere cospicua la bicicletta al buio e rendere esplicita la cinematica della pedalata che, ricorda la geometria del veicolo e la sua dinamica, al fine di produrre una detezione al conducente che sopraggiunge da tergo. E' un aiuto di cospicuità complementare ai dispositivi già previsti dalla normativa, che possono essere applicati mediante una campagna di sensibilizzazione al fine di prevenire incidenti stradali con i relativi costi umani e sociali.



## Capitolo 1 UTENTE DEBOLE

### 1.1 Pedalare attività salutare, ma rischiosa per incidenti stradali

Passeggiare e pedalare sono le modalità essenziali di viaggio e sono incoraggiate per i loro benefici ambientali, economici e salutari. Andare in bicicletta come mezzo di trasporto pendolare è stato ampiamente promosso grazie ai suoi benefici per la salute e l'ambiente (Dora, 1999; Morrison, Petticrew e Thomson, 2003; Pucher, Komanoff e Schimek, 1999). Tuttavia, ciò non si verifica sempre in sicurezza e una revisione dei dati di una serie di Paesi ha rilevato che per i pedoni e i ciclisti i decessi rappresentano quasi un terzo di tutti gli utenti della strada o feriti gravemente in incidenti stradali (Kwan, Mapstone, Roberts, 2002). Gli incidenti stradali rappresentano oltre un milione di morti e circa 10 milioni di disabilità permanenti all'anno in tutto il mondo (Murray e Lopez, 1996). In Europa circa i due terzi di tutti gli incidenti si verificano in zone urbane. Quasi tre quarti dei decessi sulla strada si verificano nei paesi a basso e medio reddito (Odero, Garner, e Zwi, 1997), principalmente a causa di lesioni di ciclisti e pedoni. Nel 2000, ci sono stati 42.033 pedoni e 20.612 ciclisti vittime nel Regno Unito (DETR, 2001). Una recente meta-analisi ha mostrato che un attivo circolare in bicicletta può essere associato con una diminuzione dell'11% del rischio di malattie cardiovascolari (Hamer e Chida, 2008). Tuttavia, nonostante gli evidenti vantaggi dell'andare in bicicletta come mezzo di trasporto, i ciclisti si trovano costantemente ad essere tra gli utenti della strada più vulnerabili, riportando tra la più elevata percentuale di incidenti mortali (Daley, Rissell e Lloyd, 2007; Joshi, Senior e Smith, 2001; Rowe, Rowe e Bota, 1995), con un rischio notevolmente superiore di infortunio in caso di un incidente rispetto agli automobilisti (Watson e Cameron, 2006). Negli ultimi decenni gli incidenti stradali accaduti con le automobili sono diminuiti, mentre gli incidenti in cui sono implicate le biciclette restano costanti. Nei 23 Paesi dell'UE per i quali tali dati sono disponibili, il 58% dei ciclisti ha trovato la morte in incidenti avvenuti in zone urbane. CARE del 2008, il 48% degli utenti stradali deceduti in incidenti avvenuti in zone urbane è rappresentato da pedoni e ciclisti (dati relativi all'UE-25).

Sempre secondo i dati CARE, l'Italia occupa il terzo posto per numero di decessi di ciclisti. Dalle tabelle pubblicate dal CARE è possibile ricavare informazioni sui luoghi in cui si verificano gli incidenti.

Questo rende più valido il motivo per cui i progetti di ricerca e le misure di protezione per i pedoni e i ciclisti si concentrano in particolare sul traffico nelle zone urbane.

Dallo Studio Dekra Automobil GmbH realizzato in Germania (2011), secondo le stime preliminari, nell'Unione Europea (UE-27) circa 33.000 persone nel corso del 2010 hanno trovato la morte in incidenti stradali. Il numero dei camionisti e degli automobilisti feriti o deceduti in incidenti stradali in Europa diminuisce costantemente di anno in anno grazie ai vani passeggeri protetti, alle cinture di sicurezza, agli airbag e ai sistemi di assistenza alla guida, la percentuale dei pedoni e dei ciclisti vittime di incidenti stradali si mantiene costante. In Europa, la percentuale degli utenti stradali vulnerabili rispetto al numero totale delle vittime di incidenti si attesta intorno al 25%.

Negli ultimi anni, il numero dei decessi di pedoni e ciclisti in Europa e, soprattutto in Germania, è diminuito in modo costante, tuttavia questi due gruppi rappresentano la fascia più vulnerabile dell'utenza stradale.

Per gli incidenti realizzati con veicoli a motore è stato fatto tanto attraverso lo studio e la realizzazione di sistemi di sicurezza attivi e passivi, ad esempio, ABS, controllo elettronico della stabilità, sensori, cinture di sicurezza, air bag, ecc., mentre per contrastare gli incidenti accaduti con le biciclette si è fatto poco e, di conseguenza, sono ancora costanti.

Circa il 40% di questi decessi si verifica in incidenti accaduti all'interno di un centro abitato. Una percentuale pari a circa il 48% degli utenti stradali deceduti è rappresentata da pedoni e ciclisti. La questione del comportamento dei conducenti di veicoli verso i pedoni e i ciclisti viene affrontata con il supporto di fatti e cifre, anche nel Rapporto Dekra 2011. Allo stesso modo viene trattato l'argomento delle misure infrastrutturali e dei sistemi per la sicurezza attiva e passiva dei veicoli.

Nel contesto di questo Rapporto sulla sicurezza stradale, sono interessanti i risultati di un sondaggio condotto da DEKRA nella primavera 2011 in Germania con lo scopo di promuovere la collaborazione tra gli automobilisti e i ciclisti e migliorare la sicurezza stradale di questi ultimi. Quasi i tre quarti (73,1%) degli intervistati lamentano il fatto



che i ciclisti spesso ignorano le norme della circolazione stradale. Più della metà (58,9%) accusa gli automobilisti di avere scarso riguardo nei confronti dei ciclisti. Circa uno su due (il 49,1%) ritiene addirittura che i ciclisti e gli automobilisti spesso non si comportino come alleati, ma come rivali. Questa visione è condivisa soprattutto tra gli intervistati di età compresa tra i 25 e i 39 anni di età (55,6%), mentre gli ultra sessantenni (35%) sono coloro che meno la ritengono probabile. Il 41,5% sostiene che i ciclisti rappresentino spesso un pericolo per i pedoni.

Ogni utente stradale deve ambire al rispetto di quanto stabilito dal codice della strada (CdS). La prudenza è un dovere civico e sociale. L'art 1 del CdS dichiara che: "La sicurezza delle persone, nella circolazione stradale, rientra tra le finalità primarie di ordine sociale ed economico perseguite dallo Stato". Inoltre, all'art. 68 relativamente alle caratteristiche costruttive e funzionali e ai dispositivi di equipaggiamento per le biciclette, prevede che debbano essere munite, per le segnalazioni visive: anteriormente di luci bianche o gialle, posteriormente di luci rosse e di catadiottri rossi; inoltre, sui pedali devono essere applicati catadiottri gialli ed analoghi dispositivi devono essere applicati sui lati. La cospicuità, definita come la tendenza di un oggetto di distinguersi dal suo sfondo (Langham e Moberly, 2003), è stata dimostrata essere un fattore importante negli incidenti dei ciclisti, con un'alta percentuale di conducenti che riferiscono: " *ho guardato ma non l'ho visto* " il ciclista prima della collisione (Herslund e Jorgensen, 2003; Kwan e Mapstone, 2004; Räsänen e Summala, 1998).

La bicicletta di notte, in particolare, è stata segnalata per essere da due a cinque volte più pericolosa che durante il giorno (Jaermark, Gregersen e Linderoth, 1991), e il 40% dei decessi dei ciclisti si verificano durante le ore di buio; questo suggerisce che la cospicuità dei ciclisti in condizioni di scarsa illuminazione è particolarmente problematica.

In linea di principio, il rischio di incidenti stradali è elevato per i pedoni e i ciclisti di qualunque età. Secondo Jack Short, segretario generale dell'International Transport Forum dell'OSCE: "In Europa, circolare a piedi e in bicicletta è da otto a dieci volte più pericoloso che spostarsi in auto. Andare a piedi o in bicicletta è un'abitudine sana. Tuttavia, è necessario che sia garantita anche la sicurezza. La sicurezza e il benessere di

pedoni e ciclisti devono quindi ricevere un'elevata priorità nella pianificazione e nella gestione della rete stradale da parte delle autorità governative.”

All'interno della fascia di età *over* 65 va ricordato che le capacità percettive e funzionali nel traffico stradale, nonché le condizioni generali di salute, non sono omogenee. Tuttavia, la resistenza fisica in caso di incidente generalmente diminuisce con l'avanzare dell'età.

Secondo il Dr. Walter Eichendorf, Presidente del Consiglio tedesco per la sicurezza stradale: “Rendere le strade più sicure per tutti gli utenti è un compito permanente nell'ottica del progetto Vision Zero. Tuttavia, per gli utenti stradali più “vulnerabili” sono necessarie misure particolari e un'attenzione focalizzata. E' quindi di fondamentale importanza l'impegno nella progettazione delle infrastrutture necessarie. Indipendentemente da ciò, ogni ciclista deve essere consapevole della propria vulnerabilità in quanto utente stradale. L'uso del casco protettivo è efficace per prevenire le lesioni al capo, o almeno per ridurne la gravità.”

Sono diversi i fattori che possono compromettere la cospicuità di un utente della strada, compresa la confusione visiva, il contrasto e la dimensione dell'obbiettivo e la condizione dell'illuminazione. La cospicuità dei ciclisti, come quella dei pedoni, può essere notevolmente migliorata attraverso l'uso di ausili di visibilità, come abbigliamento retroriflettente o fluorescente (Kwan e Mapstone, 2004; Wood et al, 2012), dove un ausilio di visibilità può essere generalmente definito come quello che aumenta la capacità di un osservatore di vedere un bersaglio quando è consapevole della sua posizione (Langham e Moberly, 2003). E' stato dimostrato in studi di guida notturna in strada chiusa, che l'uso di inserti catarifrangenti posizionati sulle caviglie e sulle ginocchia (in aggiunta a un giubbotto riflettente) è stato associato ad un 5,9 volte di aumento della distanza di visibilità relativa agli indumenti neri senza luci della bicicletta, il che rappresenta un notevole vantaggio per la sicurezza stradale (Wood et al., 2012).

Notiamo come sia la situazione italiana riguardo agli incidenti in bicicletta dagli ultimi dati ISTAT 2012, come mostra la Figura 1.1 e Tabella 1.2, ci sono un totale di 16.611 feriti e 289 morti conducenti di bicicletta.

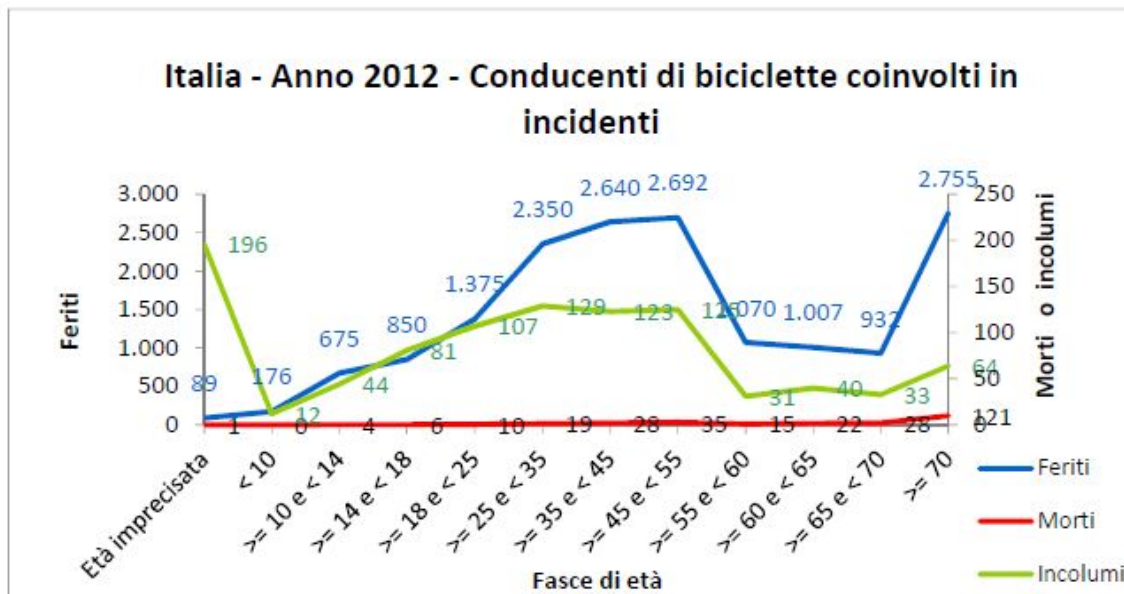


Figura 1.1 mostra incidenti stradali con coinvolti conducenti di biciclette nel 2012

Si riportano i dati ISTAT italiani:

	2011	Età imprecisata	< 10	>=10 e < 14	>=14 e < 18	<=18 e < 25	>=25 e < 35	>=35 e < 45	>=45 e < 55	>=55 e < 60	>=60 e < 65	>=65 e < 70	>=70
Morti	282	3	0	4	5	7	24	29	30	11	16	14	139
Feriti	16.171	117	202	684	795	1.288	2.137	2.502	2.547	1.048	1.033	889	2.929
Incolumi	987	19	14	42	84	104	114	124	116	36	40	44	76
Totale	17.440												

Tabella 1.1. ISTAT. Italia 2011. Conducenti biciclette coinvolti in incidenti, per fasce di età

Uno dei problemi principali della causa degli incidenti in bicicletta è l'insufficiente protezione mediante indumenti ad alta visibilità e, spesso, anche la scarsa illuminazione, La cospicuità, definita come la tendenza di un oggetto di distinguersi dal suo sfondo (Langham e Moberly, 2003), è fondamentale per evitare un incidente stradale.

	2012	Età imprecisata	< 10	>=10 e < 14	>=14 e < 18	<=18 e < 25	>=25 e < 35	>=35 e < 45	>=45 e < 55	>=55 e < 60	>=60 e < 65	>=65 e < 70	>=70
Morti	289	1	0	4	6	10	19	28	35	15	22	28	121
Feriti	16.611	89	176	675	850	1.375	2.350	2.640	2.692	1.070	1.007	932	2.755
Incolumi	985	19	12	44	81	107	129	123	125	31	40	33	64
Totale	17.885												

Tabella 1.2. ISTAT. Italia 2012. Conducenti biciclette coinvolti in incidenti, per fasce di età

	2011	2012	Variazione %
Incidenti con biciclette coinvolte (almeno 1)	16.916	17.335	2,48
Morti su biciclette	282	289	2,48
Feriti su biciclette	16.405	16.815	2,50
Numero biciclette coinvolte in incidenti	17.440	17.885	2,55
Conducenti di biciclette incolumi	987	985	-0,20

**Tabella 1.3. Dati ISTAT Italia relativi ad incidenti in bicicletta 2011-2012**

Si menziona, anche sulla sollecitazione dell'art. 1 CdS, che l'incidente stradale oltre ad essere una tragedia umana e sociale per chi lo subisce, per l'attore causante l'incidente stradale ne conseguono responsabilità giudiziarie oltre a sensi di colpa; infine è anche un costo socio-economico per la società. In Italia, è stimato che il costo sociale, cioè il danno economico derivante dall'incidente e subito dalla società, ha un parametro di € 1.503.990,00 per ogni persona deceduta ed € 42.219,00 per ogni persona ferita, nonché di € 10.986,00 quale costo medio generale per incidente.

La commissione europea nei suoi "Orientamenti 2011-2020 per la sicurezza stradale" ha individuato sette obiettivi strategici. Tra essi figurano il miglioramento dell'educazione alla sicurezza stradale e della formazione degli utenti della strada più vulnerabili. Va ricordato che in Europa i pedoni e i ciclisti, dopo gli occupanti di autoveicoli e i conducenti di motoveicoli, rappresentano ancora il terzo o quarto gruppo per numero di vittime mortali della strada. Il rischio è perciò in agguato ogni giorno soprattutto se si considera che secondo l'OSCE una percentuale compresa tra il 20 e il 40% di tutti gli spostamenti si compie a piedi o in bicicletta. Si rammenta che il database CARE European Road Accident Database è una banca dati dell'Unione Europea sugli incidenti stradali: vi sono raccolte le informazioni provenienti dagli Stati membri dell'UE sugli incidenti mortali avvenuti in ciascun Paese, con suddivisioni per tipologia di utenza stradale, sesso, mezzo di trasporto, età e mese in cui si sono verificati gli incidenti. Questo elevato grado di personalizzazione permette di elaborare un'analisi dettagliata degli scenari di incidenti e fornire una buona base per l'adozione di misure ancora più efficaci nel miglioramento della sicurezza stradale.

## 1.2 Comportamento

La percezione di sicurezza da parte del ciclista, ossia la paura di essere coinvolto in una collisione con un veicolo a motore, si ritiene sia il più importante ostacolo all'adozione della pratica di utilizzare la bicicletta come mezzo di trasporto o di esercizio (Daley et al, 2007; Jacobsen, Racioppi e Rutter, 2009; Joshi et al, 2001).

Non va dimenticato anche l'atteggiamento, a volte, di pregiudizio e stereotipo che hanno alcuni conducenti nei confronti dei ciclisti. A tale proposito è stata realizzata un'importante ricerca (Walker, Garrar e Jowitt, 2014) nel Regno Unito dalla quale è emerso che numerosi automobilisti sorpassano i ciclisti a meno di 50 cm di distanza, rendendo la manovra di sorpasso per il ciclista pregiudizievole. In questa ricerca è risultato che solamente in due casi gli automobilisti superavano i ciclisti ad una distanza di circa un metro: quando il ciclista indossava una lunga parrucca da sembrare una donna, oppure quando il ciclista indossava un giubbotto ad alta visibilità con scritto "Polizia percorso video registrato". Questi comportamenti, probabilmente inconsapevoli da parte dei conducenti, possono essere molto pericolosi per un ciclista: una semplice sbandata può urtare il corpo o la bicicletta e provocare lesioni al ciclista, oltre che a una grossa paura nel caso sia solo sfiorato dal veicolo. Da questa ricerca emerge che non è sufficiente un abbigliamento del ciclista tale da sembrare più esperto per essere sorpassato ad un'adeguata distanza di sicurezza e che per la maggiore tranquillità del ciclista è bene separare le corsie di marcia dei veicoli invece di avere una carreggiata promiscua in cui circolano insieme autovetture e biciclette.

Un altro aspetto da non sottovalutare sugli incidenti che accadono in Europa ai ciclisti è il fatto che gli incidenti più gravi accadono spesso di notte, nonostante ci sia meno circolazione di ciclisti. A tale proposito, una ricerca olandese realizzata da Twisk e Reurings (2013) ha analizzato gli incidenti dei ciclisti in cui giungevano feriti al pronto soccorso e da un'analisi è emerso che in gran parte accadevano al mattino presto, quando era ancora buio, prima dell'alba, ed i ciclisti avevano assunto bevande alcoliche e che ciò era aumentato notevolmente negli ultimi dieci anni. In questa ricerca l'analisi dei dati epidemiologici ha mostrato che i rischi di lesioni per i ciclisti sono più elevati al buio che alla luce del giorno, con l'assunzione di alcol probabilmente ciò crea un rischio aggiuntivo. La differenza tra i tipi di incidenti realizzati con il traffico motorizzato e

singoli incidenti con solo la bicicletta, indica che la bassa cospicuità e la bassa visibilità svolgono un ruolo importante.

Tuttavia, studi sperimentali sono necessari per comprendere il contributo relativo di questi fattori e l'influenza dell'alcol e della fatica sul compito delle prestazioni. Secondo gli autori, queste intuizioni possono fornire ulteriori basi per la selezione e lo sviluppo di contromisure efficaci, come il miglioramento dell'illuminazione, sia stradale che della bicicletta, campagne sui rischi dell'abuso di alcol, scarsa visibilità, scarsa cospicuità e i requisiti tecnici per le luci della bicicletta.

Un'altra interessante ricerca canadese realizzata da Hagel, Romanow, Enns, Williamson e Rowe (2015) ha mostrato come utilizzare la bicicletta per motivi sportivi e ricreativi per i bambini e adolescenti rappresenti un fattore di grave rischio di ferite. Attraverso i dati degli ospedali in cui è stata svolta la ricerca (Calgary, Alberta, Edmonton), è emerso che i giovani maschi con un'età dai 13 ai 17 anni, rappresentavano il 23% dei feriti gravi in collisioni con veicoli a motore. Questa ricerca mostra la necessità dell'utilizzo del casco per i ciclisti e di separare le carreggiate di marcia tra biciclette e veicoli a motore oltre a strategie che impongano una moderazione della velocità del traffico a motore.

Vanno anche ricordate realtà in cui spesso i pedoni attraversano la strada improvvisamente, i segnali stradali ostacolano la visibilità o segnali stradali occultati da vegetazione, strade male illuminate, come ad esempio lampioni immersi nei rami folti di vegetazione, sovraccarico sensoriale provocato dalle insegne luminose e molto altro ancora: il traffico urbano richiede molta attenzione a tutti gli utenti della strada, e la non efficienza ed inefficacia della segnaletica può portare ad errori.

Va rammentato che con una bicicletta elettrica, o a pedalata assistita, un conducente può raggiungere la velocità rilevante di km/h 25: rispetto ad una bicicletta "tradizionale" e può risultare "inaspettata" poiché il veicolo è silenzioso. Ciò a sua volta comporta il rischio di errori di calcolo da parte degli altri utenti della strada; ad esempio, vedendo un utente anziano su una bicicletta elettrica, un automobilista potrebbe pensare che si muova molto lentamente. Ma la sicurezza maggiore, per pedoni e ciclisti, è quella di essere visibili, ossia la loro cospicuità.

Uno degli errori di base del conducente responsabile della collisione è la tarda individuazione di altri utenti della strada (Rumar, 1990). I pedoni vittime sono sovra rappresentati di notte, in parte a causa di una ridotta visibilità (Owens e Sivak, 1993).

La questione del comportamento dei conducenti di veicoli verso i pedoni e i ciclisti viene affrontata con il supporto di fatti e cifre, anche nel Rapporto Dekra 2011.

Spesso i ciclisti, in virtù di un inconsapevole “*egocentrismo*”, non riescono a porsi nel punto di vista dell’altro utente della strada: non immaginano il campo visivo dei conducenti di autocarri, rischiano di collocarsi nella posizione in cui nessuno specchietto retrovisore riesce a vederli (angolo morto).

Anche davanti alla motrice (avendo la guida a sinistra e in alto) il conducente dell’autocarro non può vedere un pedone di altezza media di m.1,70 se non è davanti alla cabina di almeno cm.90.

Si precisa che il lato destro dell’autocarro (anche degli autotreni e degli autoarticolati) è fonte di particolare preoccupazione: i pedoni e i ciclisti sono spesso molto difficili da scorgere negli specchietti retrovisori ed è consigliabile per loro NON avanzare e non superare sulla destra un autocarro fermo ad un’intersezione perché il conducente non riesce a vederli (sono situati nell’angolo morto) ed è particolarmente pericoloso in caso di svolta a destra dell’autocarro. Sarebbe opportuno che ogni persona provasse a sedersi al posto di guida di un autocarro per rendersi conto di questo problema.

I ciclisti devono essere consapevoli che durante una svolta a destra i conducenti di autocarri spesso li vedono con molta difficoltà o non li vedono affatto. E’ molto importante cercare il contatto diretto con gli occhi del conducente e attraversare la carreggiata solo quando l’autocarro è fermo, oppure si è allontanato.

Negli incidenti stradali il fattore umano ricopre un ruolo fondamentale: scarsa consapevolezza dei rischi, errori di comportamento, insufficiente considerazione verso gli altri, aggressività.

Le cause di comportamento aggressivo da parte dei *drivers* sulle strade sono molteplici. L’aggressività nel traffico stradale può essere provocata dalla percezione di un presunto comportamento aggressivo negli altri: viene attribuito automaticamente intenzione provocatoria, senza considerare che il loro comportamento potrebbe in realtà essere motivato da altre ragioni, quali il bisogno di sicurezza, l’inesperienza o la semplice

distrazione. Anche nei casi in cui la frustrazione viene vissuta al di fuori del traffico stradale, spesso la reazione si scatena proprio sulle strade, poiché in auto la situazione incoraggia l'aggressività. A questo proposito sono particolarmente rilevanti i seguenti processi mentali:

- Nel traffico le situazioni sono effimere e si esauriscono rapidamente;
- L'altra persona viene percepita più come veicolo che come essere umano;
- Anonimato;
- Non si hanno conseguenze da temere, protetti dall'abitacolo, ricordiamo anche le autovetture di notevoli dimensioni che rappresentano uno status symbol.

Di conseguenza chiunque, o qualunque cosa, ostacoli la veloce circolazione del conducente dell'auto, che sia un ciclista, un pedone, il restringimento della carreggiata, un limite di velocità o un agente di polizia, può essere interpretato come provocazione da parte del conducente. Quest'ultimo può reagire lampeggiando con i fari, suonando il clacson, facendo gesti maleducati, rimproverando, arrabbiandosi o addirittura aggredendo fisicamente.

### **1.3 Le infrastrutture**

Le infrastrutture rivestono un'importanza fondamentale per il miglioramento della sicurezza di pedoni e ciclisti, sono essenziali tre aspetti come i sistemi di attraversamento pedonale e ciclo pedonale, le piste ciclabili e l'illuminazione. L'attraversamento sui quadrotti appositi per le biciclette, a volte, può risultare pericoloso quando il ciclista è lanciato a velocità non particolarmente moderata e il conducente dell'autovettura non riesce a scorgere la bicicletta nelle immediate vicinanze e cedergli la precedenza: ideale sarebbe la separazione del traffico ciclabile da quello automobilistico: una piccola sbandata da parte del conducente può risultare molto grave per il ciclista. A ciò sarebbe bene eliminare gli ostacoli alla visuale. Spesso arbusti o manufatti tolgono visibilità sia ai ciclisti che ai conducenti. Va ricordato che di notte, al buio, in una strada bagnata è molto difficile scorgere pedoni e ciclisti, soprattutto se sono vestiti di scuro perché l'asfalto bagnato non riflette la luce ma la assorbe, rendendo la superficie speculare, la luce diventa diffusa.



Un notevole contributo al miglioramento della sicurezza stradale può essere apportato anche dalla qualità delle infrastrutture: piste ciclabili, strisce pedonali, segnaletica, impianti di illuminazione presso le intersezioni, zone “30” o zone a traffico limitato.

Va ricordato che il progetto APROSYS “progetto integrato per il miglioramento dei sistemi di protezione”, si occupa dello sviluppo tecnologico e scientifico nel campo della sicurezza passiva, studiando in particolare la biomeccanica dell’essere umano, la scienza tecnologica dei veicoli, le infrastrutture in caso di urto e i sistemi di protezione per gli occupanti dei veicoli, dei motociclisti, dei pedoni e dei ciclisti.

I progettisti dovrebbero richiedere la consulenza (si auspica ciò avvenga a livello nazionale e legislativo) di psicologi del traffico nella realizzazione delle infrastrutture perché non è sufficiente osservare le normative internazionali ma occorre anche tener presente principi fondamentali di Gestalt e di percezione allo scopo di prevenire incidenti stradali. Invece, purtroppo, si assiste alla realizzazione di opere che sono teatro di numerosi incidenti gravi: solo dopo ci si interroga e vengono apportate modifiche sostanziali, quando sarebbe invece più economico ed opportuno “prevenire” tragedie e risparmiare costi con l’introduzione di tavoli con esperti di varie discipline. A volte, ad esempio, sono installati cartelli stradali che vengono confusi con l’arredo urbano, non sono salienti, oppure sono fuori dal campo visivo dell’utente, specialmente chi guida un ciclomotore o un motociclo, perché usando il casco ha un campo visivo laterale e in alto ridotto rispetto agli altri utenti della strada che guidano un veicolo che non necessita l’utilizzo del casco.

In ogni caso, è imprescindibile che al momento di attraversare la strada anche i pedoni e i ciclisti prestino sempre la dovuta attenzione agli altri utenti stradali, senza fare troppo affidamento esclusivamente sul loro diritto di precedenza. Nelle aree urbane, dove lo spazio tra le case permette raramente la realizzazione di una pista ciclabile separata, i ciclisti devono spesso circolare su strade ad alto traffico, separati solo da una striscia dipinta sulla carreggiata, che con il trascorrere del tempo spesso sbiadisce e diventa sempre più difficile da scorgere. Nelle zone in cui sono presenti corsie separate per i ciclisti, il problema è particolarmente grave nei punti in cui le linee di demarcazione in prossimità dei marciapiedi e delle uscite si trovano in cattivo stato. I ciclisti infatti tendono ad evitare le piste ciclabili in cattive condizioni, nonostante i rischi a cui si

espongono utilizzando le strade. Le piste ciclabili devono essere anche complementari alle strade, utilizzabili e progettate in modo ragionevole. Va ricordato che nella progettazione e manutenzione delle piste ciclabili, è auspicabile, attribuire la massima importanza al principio del “vedere ed essere visti”. Specialmente alle intersezioni e in prossimità delle strade di accesso a proprietà private. Il campo visivo deve essere sgombro in entrambe le direzioni di marcia. A loro volta, gli spazi di sicurezza in prossimità di veicoli in sosta devono essere sufficientemente ampi.

Le piste ciclabili vanno mantenute in buone condizioni e ciò le renderà più utilizzate, contribuendo così in modo significativo al miglioramento della sicurezza stradale.

In questo contesto, i ciclisti devono a loro volta utilizzare le piste ciclabili ovunque esse siano disponibili. Va osservato che nemmeno la presenza di piste ciclabili in buone condizioni impedisce ai ciclisti di indole “*sportiva*” di preferire le strade più veloci, dove ostentando grande sicurezza di sé si fanno largo nel traffico con manovre pericolose. Questi ciclisti o non si rendono conto dei rischi a cui si espongono o li ignorano consapevolmente: bisognerà studiare interventi che possano renderli consapevoli e responsabili dei loro comportamenti allo scopo di persuaderli a rispettare le regole anziché rischiare di causare un incidente stradale.

Si rammenta che un’elevata percentuale di incidenti mortali si verifica nelle ore notturne, è necessario prestare maggiore attenzione all’importanza di un’adeguata illuminazione e visibilità. Il rischio di rimanere coinvolti in un incidente per i pedoni e i ciclisti è di 2-3 volte più elevato di notte che di giorno.

Un ruolo particolarmente importante è svolto dai dispositivi di illuminazione delle biciclette e delle automobili, nonché dall’abbigliamento dei pedoni e dei ciclisti. Si ricorda che per orario notturno ci si riferisce a condizione di buio. La visibilità degli utenti stradali durante le ore notturne è quindi garantita quasi esclusivamente dai fari dei veicoli o eventualmente anche dai fanali posteriori e dalle luci di stop dei veicoli che precedono e dall’illuminazione laterale. Va ricordato che per i conducenti è difficile vedere i pedoni che indossano abiti scuri, perché la vista umana al buio è molto più bassa. Anche chi durante le ore diurne raggiunge un’acutezza (acuità) visiva del 100% può vedere molto peggio al buio. Da un sondaggio in Germania nel 2010 nell’ambito della campagna “Fuori i rischi!” i ciclisti intervistati prestano maggiore attenzione al

buon funzionamento delle luci e dei riflettori delle biciclette, rispetto ad altri dispositivi di sicurezza della bicicletta. Tuttavia, 1 su 6 ha riferito di circolare anche senza fanali e catarifrangenti. Presso gli intervistati più giovani, questa cifra era ancora più elevata. In linea di principio una buona illuminazione contribuisce a ridurre il rischio di incidenti notturni. Fuori dai centri abitati, di notte, spesso l'unica fonte luminosa adeguata è fornita dai fari dei veicoli. La distanza di rilevamento dipende da diversi fattori, tra cui le dimensioni della persona, dell'oggetto, il contrasto con l'ambiente o la riflettanza degli abiti o delle superfici. Vi sono state varie innovazioni tecnologiche sulle autovetture per rendere percepibili e visibili pedoni e ciclisti: ad esempio, un sistema di assistenza abbaglianti che commuta da abbaglianti ad anabbaglianti, un sistema di regolazione di profondità dei fari in base alla situazione del traffico mediante il cosiddetto limite del chiaro / scuro adattivo; sofisticati sistemi di telecamere a raggi infrarossi, sistemi di visione notturna a FIR di ultima generazione è possibile produrre immagini monocromatiche dettagliate dei contorni essenziali, nelle quali le potenziali fonti di pericolo, tra cui pedoni e ciclisti, vengono visualizzate nitidamente con una tonalità chiara e una perfetta definizione dei contorni e può raggiungere la copertura di una distanza massima di 300 metri.

Vi sono anche dispositivi che irradiano dai fari del veicolo una luce infrarossa (NIR): la copertura massima è 150 metri. Altra innovazione è il sistema "*Spot light*" disponibile dal 2011, ossia luci di curva. Fari allo xeno vengono offerti come optional, mentre di serie vi sono ancora i fari alogeni: il rendimento luminoso dei fari allo xeno è superiore di circa il 50% a quello dei fari alogeni. Gli ultimi sviluppi nel settore dei fari per veicoli prevedono l'impiego di diodi emettitori di luce (LED) come fonti luminose. Rispetto alle lampade alogene e a quelle allo xeno, i LED producono una luce bianca caratterizzata da una maggiore percentuale di blu. Ne deriva una migliore percezione da parte dell'occhio umano durante il crepuscolo e il buio.

#### **1.4 Dispositivi di illuminazione per biciclette**

Un'illuminazione ben funzionante è importante anche per le biciclette affinché il ciclista possa vedere bene e soprattutto sia ben visibile in qualsiasi momento agli altri utenti della strada. E' importante che i ciclisti prestino sempre attenzione al loro campo

visivo e alla loro cospicuità verso gli altri utenti stradali. I dispositivi di illuminazione, attivi e passivi, previsti dalla legge devono sempre essere utilizzati durante il crepuscolo, di notte o comunque in condizioni di limitata visibilità al fine di prevenire incidenti. Le biciclette devono essere dotate di dispositivo di illuminazione a dinamo per essere alimentate in modo affidabile e disponibile, la lampadina del fanale, oltre ai diversi catadiottri previsti dalla normativa, mentre fuori dal centro abitato per i ciclisti è obbligatorio l'uso del giubbotto retroriflettente ad alta visibilità. Però vediamo spesso sulle strade biciclette sportive e *mountain bike* sprovviste di qualsiasi dispositivo di illuminazione, biciclette obsolete, spesso utilizzate da persone molto povere, circolanti anche al buio e fuori dal centro abitato, che in modo inconsapevole si mettono in pericolo e recano pregiudizio alla circolazione e al rischio di essere investiti.

I ciclisti possono migliorare la loro visibilità anche durante le ore diurne mediante un moderno sistema di illuminazione con funzione di luce di parcheggio e l'uso di speciali luci di marcia diurna, come riscontrato in una ricerca danese effettuata da Madsen, Andersen e Lahrman (2013). Questa ricerca, sulla considerazione che gli incidenti stradali in Danimarca sono diminuiti notevolmente dopo l'introduzione dell'obbligo delle luci accese anche di giorno sui veicoli a motore dal 1° ottobre 1990, ha concluso che l'introduzione delle luci accese diurne avevano ridotto il numero di incidenti dal 3 al 12%, in particolare gli incidenti che coinvolgono più di un veicolo. Sulla scia degli effetti positivi dell'introduzione delle luci accese di giorno per autoveicoli, è stata discussa la possibilità di introdurre la luce accesa per i ciclisti.

Questo studio evidenzia un positivo effetto di sicurezza probabilmente per due motivi: che una luce sempre accesa per le biciclette migliori la visibilità dei ciclisti durante il giorno, in cui i ciclisti normalmente non usano le loro tradizionali luci della bicicletta, inoltre che con una luce accesa della bicicletta in modo permanente e fissata sulla bicicletta, il problema dei ciclisti che dimenticano di accendere la luce obbligatoriamente quando è buio o nel periodo crepuscolare dovrebbe essere eliminato. Infine, introducendo una luce accesa in modo permanente sulla bicicletta dovrebbe comportare, in generale, un miglioramento della visibilità e pertanto la sicurezza dei ciclisti durante le ore del giorno, del crepuscolo e della notte. Così come dovrebbe migliorare la visibilità, l'ipotesi chiave è che l'uso di luci sempre accese sulla bicicletta

riduca il verificarsi di incidenti multipli, cioè di incidenti che coinvolgono ciclisti con altri veicoli, in quanto i ciclisti vengono sempre notati, ed una maggiore visibilità anche di giorno riduce l'incidentalità delle biciclette.

Un altro problema che può condizionare l'utilizzo della bicicletta è la formazione degli atteggiamenti attraverso il ciclismo. Una ricerca di Lee, Underwood e Handy (2015) negli USA, compiuta mediante 54 interviste approfondite sulle esperienze con la bicicletta nel corso della vita per un campione di adulti che vivono a Davis in California. Da questo studio è emerso che quanto maggiore è la gravità della lesione associata con un incidente, maggiore è la probabilità del peggioramento del desiderio di andare in bicicletta. Incidenti realizzati in gioventù avevano poco effetto sul desiderio di andare in bicicletta; ma risulta vero il contrario per gli incidenti in età adulta. Gli incidenti di biciclette con veicoli a motore, acuisce il disagio con la bicicletta; mentre se l'incidente accade al ciclista da solo (senza coinvolgimento di un veicolo a motore) viene percepito come sfortuna. Gli incidenti realizzati da altre persone, al contrario di quelli sperimentati personalmente, risultavano dannosi per l'atteggiamento, soprattutto per chi non circolava in bicicletta in modo regolare, cioè saltuariamente. I propri atteggiamenti verso il pedalare sembrano influenzare le proprie risposte alle percezioni di incidenti: atteggiamenti positivi minimizzano la risposta negativa, mentre atteggiamenti negativi portano ad una maggior risposta negativa. Questo effetto di rinforzo negativo innescato da incidenti e altri imprevisti, sottolinea l'importanza di politiche in grado di ridurre la loro probabilità e di programmi che sviluppino atteggiamenti positivi e creare così una maggiore capacità di recupero quando gli incidenti accadono.

Le esperienze positive attraverso il corso della vita sono suscettibili di svolgere un ruolo, come è l'esposizione ad ambienti fisici e sociali di supporto del pedalare, al fine di incentivare il benessere psico fisico e sociale. Ma resta ancora molto da imparare circa la formazione degli atteggiamenti verso il ciclismo, da parte dei ciclisti e da parte degli automobilisti.

Si ribadisce che è necessario che tutti gli utenti della strada abbiano una maggiore consapevolezza dei rischi e una particolare attenzione verso le normative e gli standard di sicurezza. Numerosi studi dimostrano che il rischio di incidenti per i pedoni e i

ciclisti è particolarmente elevato al crepuscolo e al buio. Spesso i pedoni e i ciclisti non vengono visti se non quando è ormai troppo tardi. Per ridurre questo rischio, agli utenti della strada vulnerabili è vivamente consigliato l'uso di indumenti ad alta visibilità, preferibilmente dotati di elementi catarifrangenti. Gli elementi retroriflettenti (o catarifrangenti) permettono di aumentare notevolmente la distanza di visibilità alla luce dei fari. Un ciclista responsabile è tenuto ad assicurarsi che la propria bicicletta sia dotata di tutti i necessari dispositivi di illuminazione attiva e passiva previsti dalla normativa. L'applicazione di elementi riflettenti sugli abiti e sulle biciclette può salvare la vita ai pedoni e ai ciclisti. Occorre anche garantire un'adeguata protezione contro i furti, gli atti di vandalismo e le intemperie. Altrettanto importante è anche la manutenzione delle piste ciclabili già esistenti. I ciclisti infatti tendono ad evitare le piste ciclabili in cattive condizioni, nonostante i rischi a cui si espongono utilizzando le strade trafficate.

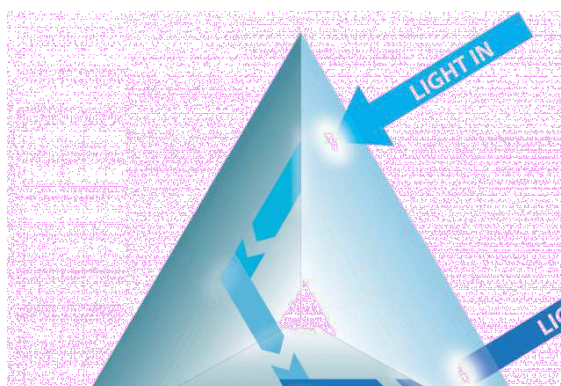
## CAPITOLO 2 LA CATARIFRANGENZA

### 2.1 Cos'è la catarifrangenza

Catarifrangenza o retroriflettenza (RR), è un principio fisico che utilizza la luce incidente che, attraverso prismi a  $90^\circ$  viene riflessa alla fonte di origine.

La rifrangenza, in fisica, è la proprietà di una sostanza o di un materiale di rifrangere la luce, i suoni, ecc.

Rifratto significa deviato per rifrazione, o anche riflesso. La catarifrangenza è un fenomeno per cui un raggio luminoso, colpendo una superficie speculare attraverso una lente prismatica, viene riflesso dalla prima e rifratto dalla seconda. Il catarifrangente è un materiale capace di riflettere la luce nel buio, viene impiegato per segnalazioni stradali notturne e per delimitare precisamente la sagoma di veicoli o di ostacoli che fiancheggiano la strada. La riflessione può essere speculare, dove i raggi riflessi sono paralleli tra loro, oppure diffusa, dove i raggi riflessi viaggiano in direzioni casuali. La traiettoria di un raggio luminoso attraverso una superficie rifrangente è reversibile.



*Figura 2.1 Effetto luce riflessa nel prisma*

I materiali catarifrangenti, molto utilizzati nella segnaletica stradale, sono regolamentati dalla normativa ECE/ONU 104 accordo internazionale siglato il 15 gennaio 1998 a Ginevra. I materiali catarifrangenti sono realizzati da micro prismi, composti da una resina sintetica, che riflettono la luce incidente. I materiali retroriflettenti per contrassegni (di classe C) devono essere di colore bianco, giallo o rosso.

A volte la catarifrangenza è confusa con la fluorescenza, ma non sono la stessa cosa: articoli di entrambi i materiali possono essere utilizzati nell'ambito della sicurezza e segnalazione stradale, ma appartengono a principi fisici diversi. La fluorescenza è la

proprietà di alcune sostanze, ad esempio la fluorite, di rimettere le radiazioni elettromagnetiche ricevute, in particolare di assorbire radiazioni ultraviolette e rimetterle nel visibile. In fisica la radiazione ultravioletta (UV) è un intervallo della radiazione elettromagnetica, con lunghezza d'onda immediatamente inferiore alla luce visibile dall'occhio umano, e immediatamente superiore a quella dei raggi X.

La luce ultravioletta viene prodotta da una vasta gamma di sorgenti artificiali e naturali tra cui, in primis, il sole. La fluorescenza, una volta rilasciata, si esaurisce se non viene ancora alimentata da radiazione ultravioletta. Una radiazione incidente, ad esempio nella lampada di Wood, eccita gli atomi della sostanza fluorescente, promuovendo un elettrone a un livello energetico meno legato, più energetico e quindi più "esterno". Entro poche decine di nanosecondi, l'elettrone eccitato torna al livello precedente, in due o più fasi, passando cioè per uno o più stati eccitati ad energia intermedia. Tutti i decadimenti tranne uno sono, di solito, non radiativi, mentre l'ultimo emette luce a lunghezza d'onda maggiore rispetto alla radiazione incidente: questa luce è detta "fluorescenza". Alla percezione dell'occhio umano, le differenti lunghezze d'onda di luce visibile hanno colori differenti. La lunghezza d'onda della luce visibile è molto piccola e va da 380 a 760 nanometri (un nanometro, nm, è un miliardesimo di metro). Il resto dell'energia radiante non è visibile ai nostri occhi (Carlson, 2008). Diverse lunghezze d'onda formano lo spettro ottico, ovvero la gamma di energia elettromagnetica alla quale l'occhio è sensibile. Tonalità, saturazione e vividezza sono le tre grandezze principali della luce visibile. Ricordiamo che l'occhio ha due tipi di fotorecettori: i coni e i bastoncelli. I circa 5 milioni di coni presenti in ciascun occhio vengono attivati da una luce intensa e sono preposti alla detezione del colore e dei particolari minuti; mentre i circa 120 milioni di bastoncelli, viceversa, non sono in grado di distinguere i colori e sono sensibili alla luce crepuscolare. La visione dei bastoncelli è in bianco e nero, ma sono molto più sensibili alla luce rispetto ai coni, consentendo quindi di vedere anche in condizioni di luce fioca (Coon e Mitterer, 2011). Quindi nella guida notturna vengono utilizzati maggiormente i bastoncelli. La catarifrangenza usa la luce incidente, la quale, attraverso prismi a  $90^\circ$  viene riflessa alla fonte di origine. Il catarifrangente ha una proprietà ottica in base alla quale i raggi luminosi sono riflessi verso una direzione prossima a quella da cui provengono; questa



proprietà permane anche per grandi variazioni della direzione dei raggi incidenti. Il materiale evidenziatore retroriflettente ha una superficie o un dispositivo che, colpito da un raggio luminoso direzionale, rinvia in condizioni di retroriflettenza una gran parte della luce incidente.



**Figura 2.2 Meccanismo di luce incidente e luce riflessa**

Il catarifrangente, come mostrato in Figura 2.2, è un riflettore che ha la caratteristica di riflettere la luce nella stessa direzione da cui essa proviene. Un catarifrangente ideale riesce a rinviare la luce alla sorgente, qualunque sia l'angolo di incidenza. Come è noto in una superficie riflettente tradizionale l'angolo di riflessione del fascio è uguale all'angolo di incidenza dello stesso e pertanto il fascio sarà riflesso verso la sorgente solo nel caso in cui l'angolo di incidenza sia di 90 gradi. Supponiamo per semplicità di prendere in esame una situazione bidimensionale in cui il fascio incidente appartenga ad un determinato piano. In questo caso per riflettere il fascio nella direzione di provenienza, qualunque essa sia sul piano predeterminato, sarà sufficiente porre due specchi a 90 gradi fra loro, perpendicolari al piano contenente il fascio. Il fascio inciderà sul primo specchio con un angolo  $\beta$  e sarà riflesso con lo stesso angolo verso il secondo specchio. Essendo gli specchi perpendicolari, l'angolo di incidenza e riflessione sul secondo specchio sarà  $90-\beta$ . Ne consegue che l'angolo di riflessione rispetto al primo specchio sarà uguale a  $\beta$  e pertanto il fascio sarà riflesso nella stessa direzione da cui proveniva. Se la distanza della sorgente del fascio è sufficientemente grande rispetto alla grandezza degli specchi, si potrà assumere che il fascio sarà rinviato alla sorgente ovunque essa sia sul semipiano delimitato dai due specchi. Stesse considerazioni

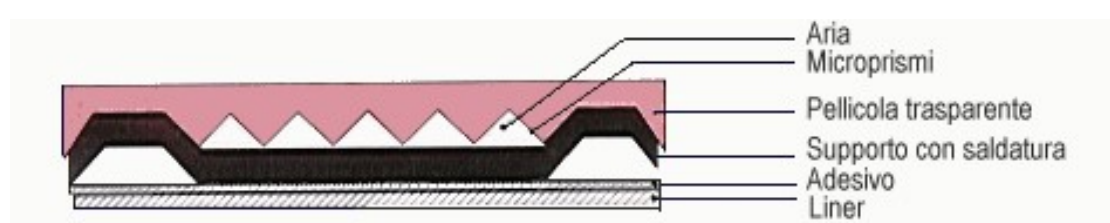
possono essere fatte nel caso tridimensionale utilizzando tre specchi posti a 90 gradi fra loro, come le tre facce interne di uno spigolo di un cubo.

La costruzione dei catarifrangenti è effettuata ponendo l'una accanto all'altra delle microcelle catarifrangenti, così da ottenere superfici di dimensioni variabili a seconda delle necessità. In caso di necessità di grande capacità di riflessione, possono essere utilizzati dei catarifrangenti costituiti da un unico prisma in vetro di dimensioni più grandi con superfici interne a specchio. La tecnologia del prisma funziona rifrangendo la luce dalle superfici interne del microprisma. La luce colpisce ognuna delle tre superfici del microprisma a turno, prima di ritornare alla sua fonte, come mostrato in Figura 2.2. I materiali retroriflettenti possono anche essere realizzati con microsfere.

Un'importante ricerca compiuta da Luse, Pausur, Karitans, Ozolins e Tukisa (2011) ha verificato le proprietà retroriflettenti di sei tipi di materiali e cinque colori diversi.

Sono state determinate e confrontate indicazioni di ottica di riflessione dei campioni per ottenere dati di psicofisica di luminosità percepita dagli osservatori. E' stata studiata la struttura microscopica delle regioni attive retroriflettenti e sono state trovate differenze statisticamente significative di riflettività e luminosità di vari materiali e colori retroriflettenti (RR). Il materiale più riflessivo è la perlina di vetro RR, seguito da RR micro-prismatico e Diamond Grade micro prismatico RR. Il colore RR significativamente di intensità di impatto del RR più intenso sono il bianco e il giallo, seguiti da arancione e verde (56% e 63% dell'intensità del bianco) e meno intenso è il rosso (intensità 35% del bianco).

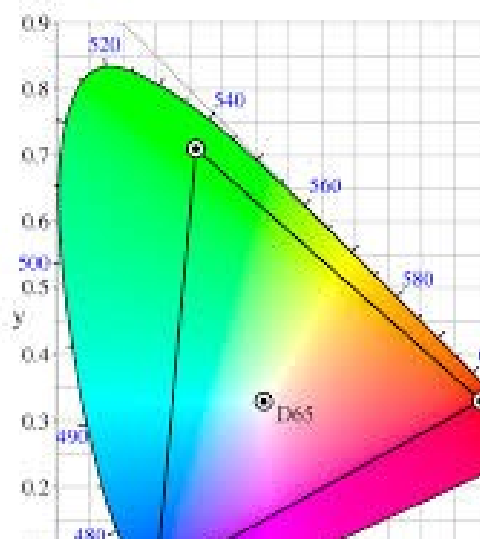
Va precisato che il principio della riflessione interna totale consente, infatti, un rinvio uniforme della luce incidente con un rendimento molto superiore a quello delle pellicole retroriflettenti realizzate con una tecnologia a microsfere in vetro.



**Figura 2.3 Sezione di una pellicola a microprismi**

Si ricorda che la Commissione internazionale per l'illuminazione (CIE) è l'organo responsabile per la pubblicazione di tutti i noti illuminanti standard. Ciascuno di questi è conosciuto con una lettera o da una combinazione di lettere e numero.

Illuminanti A, B, e C sono stati introdotti nel 1931, con l'intenzione di rappresentare rispettivamente luce media a incandescenza, luce diretta del sole, e la luce del giorno medio. Illuminanti D, rappresentano le fasi della luce del giorno, Led E è l'illuminante pari-energia, mentre illuminanti F rappresentano le lampade fluorescenti di varia composizione. Ci sono le istruzioni su come produrre sperimentalmente fonti di luce (fonti standard) corrispondenti agli illuminanti più anziani. Per quelle relativamente recenti, come la serie D, agli sperimentatori misurano i profili delle loro fonti e le confrontano con gli spettri pubblicati. Si ricorda che il CIE ha stabilito che D65 è la colorimetria standard per l'illuminante della luce del giorno come indicato in Figura 2.4.



**Figura 2.4 CIE D65, colorimetria standard per l'illuminante della luce del giorno**

Vi sono aspetti della fluorescenza che riguardano l'alta visibilità dei materiali retroriflettenti utilizzati per visualizzare i segnali stradali, inserti e marker stradali. La completa caratterizzazione colorimetrica di questi materiali richiede la separazione dei componenti fluorescenti e non fluorescenti. La quantificazione dei singoli componenti consente la previsione accurata delle prestazioni sotto le varie condizioni di illuminazione e la visualizzazione incontrata nelle applicazioni pratiche. Quando

vengono misurati i materiali retroriflettenti, si è scoperto che la geometria di misurazione ha un'influenza significativa sui fattori riflessi di radianza spettrale.

La valutazione della visibilità relativa e la cospicuità dei materiali fluorescenti richiede una comprensione del rapporto tra lo spettro di illuminazione e il fattore di luminanza totale del campione. Il calcolo preciso del fattore della luminanza totale alle condizioni variabili di illuminazione incontrate sui cartelli stradali all'aperto e le applicazioni di inserti catarifrangenti è possibile incontrarli utilizzando l'intera gamma del fattore di radianza bispettrale. Per il controllo di routine di qualità del materiale specificato è stato trovato utile a una metrologia più ridotta avvalendosi del fattore di luminanza ( $Y_F$ ).

Il  $Y_F$  per CIE illuminante D65 può essere utilizzato per valutare il contenuto e la durata dei materiali fluorescenti utilizzati in applicazioni di cartelli stradali. Il  $Y_F$  è stato trovato anche in correlazione con l'aumento delle prestazioni di visibilità di cartelli stradali fluorescenti sotto cattive condizioni di visibilità diurna.

Vanno considerate la relazione tra la proprietà fotometrica dei materiali fluorescenti retroriflettenti e il loro aspetto diurno in condizioni di applicazione pratica.

Il fattore di luminanza fluorescente ( $Y_F$ ) è utile per la garanzia di qualità dei materiali fluorescenti.

## **2.2 Visibilità**

Va ricordato che nel suo senso più ampio, il termine “visibilità” comprende tutti i processi coinvolti nella percezione o “vedere” un oggetto all'interno di un ambiente visivo. Quando ci si riferisce alle proprietà di visibilità di un oggetto di riferimento è normalmente prodotto in riferimento alle proprietà fisiche dell'oggetto che determina la relativa facilità o difficoltà di percepirlo in una scena visiva. Così, la visibilità include i concetti di essere appena percettibili, di rilevamento (detezione) e di cospicuità.

La visibilità di un oggetto è una funzione di contrasto visivo, le differenze tra l'oggetto e lo sfondo contro il quale è visto (CIE Publication No. 74, 1988). Queste differenze possono essere in termini di movimento, dimensioni, colore o la luminosità. Per gli oggetti stazionari, come insegne stradali, è in primo luogo il contrasto di luminosità che determina la loro visibilità. In situazioni di visualizzazione reale, oggetti prima inseriti nel nostro campo visivo periferico-esterno, vanno verso il centro, (2-10 gradi) del campo visivo. Nel campo visivo periferico c'è bassa sensibilità al colore (pochi con),

ma alta sensibilità alla luminosità (alta concentrazione di bastoncini). Di conseguenza, la rilevazione iniziale di oggetti è determinata principalmente dal loro contrasto di luminanza (Baker e Mollon, 1993).

### **2.3 Attenzione visiva e cospicuità**

La cospicuità, o “ottenere l’attenzione”, è la qualità di un segnale o di un altro oggetto, è una funzione dell’entità del contrasto visivo. La nostra attenzione è rivolta a grandi differenze. Il contrasto può essere sulla natura della luminosità (luminanza) o di natura cromatica (colore e saturazione). La segnaletica, i marker e gli inserti ad alto contrasto luminoso e / o ad alto contrasto cromatico hanno la capacità di attirare l’attenzione di un osservatore, anche quando non ricerca consapevolmente l’oggetto. Questi tipi di materiali sono spesso descritti come ben cospicui o ad elevata cospicuità. In ambienti visivi complessi, la “visibilità” e la “cospicuità” rappresentano una gerarchia della percezione visiva. Un oggetto che è visibile non è necessariamente cospicuo, ma un oggetto cospicuo è sempre altamente visibile.

E’ auspicabile che i progettisti di infrastrutture viabili ricordino questi principi affinché la segnaletica risulti inequivocabilmente percepita e non confusa con l’arredo urbano in quanto non saliente sull’ambiente, o addirittura cartelli posti fuori dal campo visivo, soprattutto circa la visione notturna.

### **2.4 Visibilità, illuminazione e materiali ad alta visibilità**

La conoscenza delle caratteristiche di illuminazione della luce del giorno è essenziale per capire la visibilità di oggetti durante il giorno.

La base per il mutamento della composizione spettrale della luce del giorno è la variazione naturale della proporzione di luce incidente diretta e diffusa sull’oggetto (CIE Publication N.85, 1989). La luce solare diretta è spettralmente come quella della sorgente, il sole, filtrato attraverso l’atmosfera.

A basse quote del sole, ad esempio crepuscolo, in zone ombreggiate naturalmente o sotto una pesante copertura nuvolosa, la maggior parte dell’illuminazione è dovuta a luce sparsa. In termini di “temperatura di colore correlata” (CCT), questo significa che la temperatura del colore alla luce del giorno aumenta al crepuscolo e durante le

condizioni di cielo coperto. Per le applicazioni pratiche, la visibilità dei segnali stradali, dei marker e degli inserti retroriflettenti, devono essere considerati entrambi sia alla luce del giorno e in qualsiasi condizione meteo, che per le condizioni notturne.

I materiali incorporanti ottica retroriflettente sono noti per migliorare notevolmente la visibilità notturna degli oggetti quando sono visti sotto l'illuminazione del faro di un veicolo. Analogamente, l'alta prestazione di visibilità diurna di materiali fluorescenti è ben documentata (Zwahlen e Schnell, 1997; Alferdinck e Padmos, 1990). Una proprietà importante dei materiali fluorescenti è che essi svolgono una migliore prestazione sotto povere condizioni di luce diurna, quando la necessità è più grande. Materiali con combinazione retroriflettente e proprietà fluorescenti forniscono un elevato contrasto visivo sotto l'intera gamma di condizioni di visione diurna e notturna.

Le applicazioni dove il materiale fluorescente e retroriflettente sono ampiamente utilizzate per migliorare la visibilità sono l'abbigliamento di avvertimento dei pedoni ed i segnali di controllo del traffico. La maggior parte dei lavoratori edili e di manutenzione stradale sono tenuti ad indossare indumenti fluorescenti arancione o fluorescente giallo verdi (e retroriflettenti) che combinano prestazioni per migliorare la loro visibilità e sicurezza, sulla carreggiata stradale sia durante il giorno che di notte. Teli fluorescenti retroriflettenti vengono utilizzati anche oggi nelle applicazioni di segnali stradali temporanei per il traffico, sia di lungo termine che temporaneo, ad esempio durante lavori di costruzioni.

## **2.5 Percezione e misurazione**

Le percezioni sono il risultato di complesse interazioni di fattori fisiologici e psicologici. Non possiamo misurare direttamente con uno strumento come i segnali stradali e gli inserti vengano percepiti. Possiamo, tuttavia, misurare le proprietà fotometriche dei materiali di cui sono realizzati i segnali, i marker, gli inserti, e utilizzare a lungo i risultati di queste misure con modelli di visibilità stabiliti, al fine di prevedere come saranno percepiti dagli osservatori. La relazione tra la proprietà fotometrica dei materiali e la loro percezione visiva sono descritti nella letteratura della psicofisica. Per la CIE, il sistema colorimetrico è il sistema più usato per la descrizione del colore dei materiali. Il sistema colorimetrico CIE è stato sviluppato per colori coordinati degli ordinari campioni (non fluorescenti). Il sistema CIE è stato ampiamente

utilizzato per studiare la visibilità e la cospicuità dei materiali (Burns e Johnson, 1997; Carter e Carter, 1981) e per descrivere e specificare sistemi di codifica del colore durante il giorno per la visione dei segnali stradali (CIE Publication N.39.2, 1983; ASTM D4956). Sebbene il sistema CIE era originariamente sviluppato utilizzando colori ordinari, è ugualmente applicabile per descrivere i colori fluorescenti (Evans, 1972).

## **2.6 Colorimetria di materiali fluorescenti e retroriflettenti**

La misura delle proprietà fotometriche e colorimetriche dei materiali fluorescenti retroriflettenti è utilizzata per prevedere le loro proprietà di visibilità in condizioni di effettivo utilizzo. La misura del coefficiente di retroriflessione e il loro rapporto con la visibilità notturna dei segnali retroriflettenti, gli inserti e le marcature sotto l'illuminazione dei fari dei veicoli è ben consolidato. La misura del fattore di radianza spettrale di un materiale sotto specifica illuminazione, condizioni di visualizzazione e il calcolo dei fattori di radianza spettrale, sono la base per la colorimetria. A causa della natura dei materiali fluorescenti, il loro fattore di radianza spettrale ha due componenti. Una componente nasce dalla ordinaria riflettanza (fattore di radianza riflettente) ed è indipendente dal tipo di illuminazione; l'altra componente è dovuta alla fluorescenza (fattore di radianza fluorescenza) che è dipendente dall'illuminazione. La determinazione del fattore totale di luminanza in un unico specifico illuminante, non è sufficiente per prevedere adeguatamente l'aspetto di materiali fluorescenti sotto altre condizioni di illuminazione incontrate in applicazioni di segnali e marcature all'aperto. La completa caratterizzazione colorimetrica di questi materiali richiede una definitiva separazione dei componenti fluorescenti e retroriflettenti.

I materiali retroriflettenti sono progettati intenzionalmente per restituire la maggioranza della luce incidente che torna in direzione della sorgente, orientati su una vasta gamma di materiali. Per questo motivo, la misurazione del colore diurno di materiali retroriflettenti, soprattutto i retroriflettenti prismatici, è fortemente influenzata dalla misura geometrica. Ci sono anche effetti dovuti alle proprietà riflettenti degli elementi ottici stessi che risultano in modelli regolari di retroriflettenti originati da riflessi interni (Johnson e Burns, 1997). Questo può essere facilmente notato quando un foglio di

materiale retroriflettente è visto a vari angoli sotto un'ordinaria luce in una stanza illuminata. Gli spettrofotometri un-monocromatici sono colorimetri tipici che sono stati utilizzati commercialmente per la misura ordinaria (non fluorescente) di colori. Questi strumenti misurano il fattore totale di radianza spettrale per una specifica illuminazione/visualizzazione geometrica da cui viene calcolata la variazione derivata della quantità di colore. Questi tipi di strumenti sono stati comunemente usati per determinare la cromaticità e la luminosità dei materiali a colori fluorescenti al fine di verificare lo standard del materiale e la conformità del colore specificato. Sono anche il solo disegno un-monocromatico che può essere considerato per la misurazione dei colori fluorescenti.

## **2.7 Problemi spettrali associati con spettrofotometri uno-monocromatico**

I sistemi coloranti ordinari o riflettono l'energia della luce incidente o l'assorbono dissipando l'energia assorbita come calore. I sistemi di colori fluorescenti riflettono, assorbono, ed *emettono* energia luminosa. Hanno la capacità di assorbire ultravioletti e / o energia della luce visibile, poi ri-emettere l'energia ad una luce con una più lunga lunghezza d'onda che differenzia i materiali fluorescenti dai materiali ordinari. Come conseguenza di questa proprietà di spostamento di lunghezza d'onda, la misurazione accurata dei colori di campioni fluorescenti sono richiesti usando strumenti uno- monocromatici per richiedere un maggiore controllo dei parametri di misura e impone requisiti di strumenti supplementari (ASTM E991). La principale tra queste esigenze è che la distribuzione spettrale della fonte di luce dello strumento si allinei strettamente a quella dell'appropriato illuminante standard CIE. Ciò è necessario perché la relativa intensità della luce emessa varierà significativamente con l'energia di eccitazione totale fornita dalla fonte dello strumento. La colorimetria standard dell'illuminante per la luce del giorno è CIE D65.

Tuttavia, non vi è alcuna fonte standard D65 disponibile. Le più comuni fonti spettrofotometro sono la lampada tungsteno – alogena e allo xeno. Alcuni produttori di strumenti, ma non tutti, fanno uno sforzo per simulare D65 filtrando la sorgente D65. Mentre alcuni di questi simulatori sono migliori di altri, nessuno esattamente riproduce D65. Questo approccio è accettabile per la colorimetria di materiali ordinari, ma manca



di precisione sufficiente per la colorimetria di materiali fluorescenti (Burns D.M. e Johnson, 1995).

## **2.8 Colorimetria della fluorescenza bispettrale, l'ordine bispettrale**

Nei calcoli dei valori colorimetrici di campioni ordinari non fluorescenti, c'è un semplice rapporto commutativo tra la distribuzione spettrale dell'illuminante, la misura del fattore spettrale di riflettenza e le funzioni tre stimoli ( $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ ,  $\bar{z}$ ).

I materiali fluorescenti non permettono uno scambio così semplificato dell'ordine della computazione, perché il loro fattore di radianza spettrale dipende dal loro illuminante, perché sono illuminante-dipendente. La matrice fondamentale dei dati per i calcoli dell'aspetto colorimetrico di materiali fluorescenti è di ordine bispettrale. Con questa matrice, vi è un fondamentale rapporto tra la relativa ordinaria riflettenza ed i valori numerici della componente fluorescente. Il metodo a due-monocromatori (o colorimetri bi spettrali) è il metodo più preciso per la misurazione del colore dei materiali fluorescenti. E' universalmente accettato come il metodo per referenza. Questo metodo richiede uno spettrofotometro due-monocromatore impiegando illuminazione monocromatica e visualizzazione monocromatica (Donaldson e British, 1954; Zwinkles e Gignac, 1997). Strumenti due-monocromatici, anche conosciuti come colorimetri bi spettrali, permettono di misurare separatamente la riflettenza della radianza (splendore) e la radianza fluorescente, a ciascuna combinazione di illuminazione e la visualizzazione della lunghezza d'onda.

## 2.9 La quantificazione della fluorescenza

Per il test di controllo di routine della qualità dei materiali dei segnali stradali retroriflettenti, come il test di conformità per i requisiti specifici standard, sono ampiamente utilizzati metodi di metrologia semplificati. Per esempio, i requisiti di colore durante il giorno e di luminosità per coperture protettive retroriflettenti ordinarie, sono specificati in termini di coordinate di cromaticità ( $x$ ,  $y$ ) limiti e fattore di luminanza ( $Y$ ) minimi calcolati da tre-stimoli valori XYZ, determinati per CIE D65.

Riguardo al fattore di luminanza fluorescente ( $Y_F$ ), va ricordato che dalla luminanza fluorescente si interpreta il ruolo centrale delle proprietà di alta visibilità dei segni fluorescenti dei materiali: una misura diretta dei contenuti fluorescenti, o efficienza fluorescente, è essenziale. I materiali ordinari solo riflettenti la luce, corrispondono quindi alle loro valutazioni totali tre-stimoli sono loro stessi come valore di riflettenza ( $X = X_R$ ;  $Y = Y$ ;  $Z = Z_R$ ). I materiali fluorescenti riflettono ed *emettono* luce (fluorescenza), così i loro valori tre-stimoli sono la somma dei componenti della riflettenza (R) e fluorescenza (F):  $X = X_R + X_F$ ;  $Y = Y_R + Y_F$ ;  $Z = Z_R + Z_F$ .

Il fattore di luminanza fluorescente ( $Y_F$ ) è di particolare interesse per la metrologia dei materiali fluorescenti perché forniscono informazioni specifiche e quantitative sulle proprietà fluorescenti del materiale, qualcosa che il fattore di luminanza totale ( $Y$ ) da solo non fornisce.

Le utilità del  $Y_F$  sono che:

1. verifica senza ambiguità se un materiale è fluorescente o non fluorescente,
2. quantifica il contenuto fluorescente, e
3. prevede un parametro che può essere utilizzato per valutare la stabilità delle proprietà fluorescenti di un campione.

Inoltre, i dati sperimentali indicano una correlazione tra il  $Y_F$  e la prestazione di maggiore visibilità dei segnali fluorescenti in condizioni di scarsa visibilità diurna. Sebbene il  $Y_F$  di un campione può essere calcolato per qualsiasi dato di illuminante della matrice bispettrale, è stato consigliato CIE D65 di essere adottato come illuminante standard per descrivere e specificare le caratteristiche specifiche di proprietà fluorescenti di campioni di oggetti a colori. CIE D65 ha come base reale la luce del giorno; in pratica, l'illuminante dei materiali dei segnali stradali sono visti all'aperto. Ha

anche contenuti visibili di un significativo ultravioletto e corta lunghezza d'onda, che sono cruciali per un'adeguata eccitazione di fluorescenza. Infine, CIE D65 è attualmente accettato come illuminante standard per la colorimetria del giorno. Una verifica della presenza o assenza di fluorescenza in un campione è richiesta per un'accurata misurazione strumentale riproducibile del colore. Il fattore di luminanza fluorescente è una misura standardizzata di intensità fluorescente, ne consegue che può essere usato per identificare le proprietà fluorescenti. Se un campione ha un  $Y_F > 0$ , allora è fluorescente; se  $Y_F = 0$  allora il campione non sarà fluorescente. Per scopi pratici, è necessario poi quantificare la quantità di fluorescenza presente per poter decidere se la quantità presente è significativa. Come definito, il  $Y_F$  fornisce anche una scala per valutare i contenuti fluorescenti di un materiale. Un altro aspetto pratico del  $Y_F$  è che risulta utile per valutare la stabilità delle proprietà di un materiale fluorescente.

## **2.10 Relazione tra misure fotometriche e la visibilità dei materiali fluorescenti-retroriflettenti**

Sebbene il  $Y_F$  non è una misura diretta di visibilità, i dati sperimentali indicano una correlazione tra il  $Y_F$  e il miglioramento delle prestazioni di visibilità all'aperto dei segnali stradali fluorescenti, soprattutto in condizioni di scarsa visibilità diurna.

Mentre il contrasto di luminanza e il contrasto cromatico contribuiscono entrambi alla visibilità di un oggetto, in situazioni di segnalazione visiva il contrasto luminoso è il fattore primario di controllo. Il contrasto di luminanza è il rapporto tra la luminanza ( $L$ ) dell'oggetto obiettivo di destinazione della luminanza e lo sfondo contro cui è visto.

L'alto contrasto di luminanza del materiale fluorescente in condizioni di scarsa illuminazione (alto CCT) correla con la loro maggiore visibilità delle prestazioni in queste condizioni.

La luminanza relativa del campione fluorescente aumenta con CCT mentre quella del normale campione non fluorescente non lo manifesta. Il fattore di luminanza per un esemplare fluorescente è la somma di due grandezze, cioè del fattore della luminanza riflettente ( $Y_R$ ) e il fattore di luminanza fluorescente ( $Y_F$ ). La fluorescenza è l'unico meccanismo disponibile che può aumentare l'efficienza della luminanza generata dalla luce del materiale giallo fluorescente – retroriflettente. L'illuminazione durante cattive

condizioni di visibilità esterna di giorno è caratterizzata da alta CCT, quindi non è sorprendente che la relativa visibilità dei materiali fluorescenti aumenti in queste condizioni. Si potrebbe sostenere che è necessario valutare  $Y_F$  in diversi CCTs per stimare il ruolo di fluorescenza nella luminanza di giorno, e la visibilità di un materiale. Possiamo concludere dicendo che il fattore di luminanza fluorescente ( $Y_F$ ) per CIE D65 è una misura diretta e utile del contenuto fluorescente. Per definizione, un valore di  $Y_F > 0$  identifica un materiale come fluorescente, mentre  $Y_F = 0$  lo identifica come non fluorescente. I dati sperimentali indicano che per i materiali pratici durevoli fluorescenti utilizzati per i segnali stradali all'aperto, il  $Y_F$  si bilancia con le loro proprietà di visibilità. Di conseguenza, il  $Y_F$  fornisce una scala utile per confrontare il contributo relativo che la fluorescenza dà alla proprietà di visibilità e cospicuità dei materiali fluorescenti - retroriflettenti. E' raccomandata la standardizzazione del  $Y_F$  valutata per il D65 per descrivere e specificare le proprietà di fluorescenza del campione oggetto del colore. Inoltre, per le misurazioni colorimetriche dei materiali prismatici fluorescenti - retroriflettenti, è essenziale una geometria di misura definita nei minimi dettagli.

### **3. Abbigliamento riflettente**

Il 28 giugno 2013, la "*Gazzetta ufficiale dell'Unione europea*" ha pubblicato la nuova norma EN ISO 20471, che ha sostituito ufficialmente a partire dalla stessa data la precedente EN 471 del 2003 +A1: 2007.

La norma EN ISO 20471: 2013 specifica i requisiti degli indumenti ad alta visibilità in grado di segnalare visivamente la presenza dell'utilizzatore. Le norme EN471 vengono aggiornate ogni 5 anni, se ritenuto necessario.

Secondo la Direttiva 89/686/CEE, è richiesto per legge tutelare le persone che svolgono la propria attività lavorativa quotidiana in prossimità delle strade o sulle strade stesse. Le norme vengono stabilite identificando i rischi cui sono sottoposti i lavoratori.

La normativa stabilisce i requisiti minimi per gli indumenti ad alta visibilità, in grado di segnalare visivamente la presenza dell'operatore, specifica i metodi di test e i requisiti dei dispositivi di protezione individuale e di sicurezza indossati in situazioni ad alto rischio. Gli indumenti ad alta visibilità sono destinati a fornire un'alta visibilità da parte dell'utilizzatore, visto dagli operatori e dai conducenti di veicoli o di altri dispositivi

meccanizzati, in qualunque condizione di luce diurna o alla luce dei fari dei veicoli nell'oscurità.

I requisiti specificano le prestazioni richieste in termini di colore e retro-riflessione, nonché le aree minime e il collocamento dei materiali sugli indumenti di protezione.

Sono definite due classi di capi di abbigliamento, basate su due diverse aree minime di materiale retroriflettente, fluorescente e/o combinato. Ciascuna di tali classi garantisce un livello di cospicuità diverso; la classe 3 è quella che garantisce il livello di cospicuità più elevato sulla maggior parte degli sfondi riscontrati in situazioni urbane e rurali, di giorno e di notte. Gli utenti devono selezionare la classe richiesta basandosi sull'analisi di rischio della sede e della situazione in cui è richiesta la protezione garantita dagli indumenti secondo questa norma internazionale.

### **Classe 2: livello intermedio di protezione**

Gilet, tuniche aperte sui fianchi, pettorine senza maniche e pantaloni con bretelle  
0,5 m<sup>2</sup> materiale fluorescente / 0,13 m<sup>2</sup> materiale retroriflettente.

### **Classe 3: livello massimo di protezione**

Giacche lunghe e giubbotti con maniche, tute, completi giacca/pantaloni  
0,8 m<sup>2</sup> materiale fluorescente / 0,2 m<sup>2</sup> materiale retroriflettente. La norma comprende anche determinati requisiti per le prove d'uso.

I materiali retroriflettenti devono mantenere la loro luminosità dopo l'esposizione alla pioggia, alle variazioni di temperatura, all'abrasione, alla piegatura, alle basse temperature, alla flessione, al lavaggio in acqua e al lavaggio a secco (se del caso).

I materiali fluorescenti devono mantenere la loro luminosità, dopo l'esposizione ai raggi UV, a variazioni dimensionali, alla resistenza al vapore acqueo, alla solidità del colore, a proprietà meccaniche.



***Figura 2.5 Abbigliamento retroriflettente***

Va ricordato che questi indumenti ad alta visibilità sono obbligatori in base all'art. 162 e all'art 182 c. 9 bis del CdS.

*Obbligatorie* secondo la legge 1° agosto 2003 n. 214: art. 162 CdS (segnalazione di veicolo fermo) e art. 182, c. 9 bis (circolazione dei velocipedi). CdS art 162, c.1. Fatti salvi gli obblighi di cui all'art. 152, fuori dei centri abitati i veicoli, esclusi i velocipedi, i ciclomotori a due ruote e i motocicli, che per qualsiasi motivo siano fermi sulla carreggiata, di notte quando manchino o siano inefficienti le luci posteriori di posizione o di emergenza e, in ogni caso, anche di giorno, quando non possono essere scorti a sufficiente distanza da coloro che sopraggiungono da tergo, devono essere presegnalati con il segnale mobile di pericolo, di cui i veicoli devono essere dotati. Il segnale deve essere collocato alla distanza prevista dal regolamento.

4-bis. Nei casi indicati al comma 1 durante le operazioni di presegnalazione con il segnale mobile di pericolo devono essere utilizzati dispositivi retroriflettenti di protezione individuale per rendere visibile il soggetto che opera. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti sono stabilite le caratteristiche tecniche e le modalità di approvazione di tali dispositivi. (3)

4-ter. A decorrere dal 1° aprile 2004 (4), nei casi indicati al comma 1, è fatto divieto al conducente di scendere dal veicolo e circolare sulla strada senza avere indossato giubbotto o bretelle retroriflettenti ad alta visibilità. Tale obbligo sussiste anche se il veicolo si trova sulle corsie di emergenza o sulle piazzole di sosta. Con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, da emanare entro il 31 ottobre 2003, sono stabilite le caratteristiche dei giubbotti e delle bretelle. (3)

(3) Comma aggiunto dall'art. 3 D.L. 27/06/03, n. 151, successivamente convertito, con modificazioni, dalla L 1/8/2003, n. 214.

CdS art. 182, c.9-bis Il conducente di velocipede che circola fuori dai centri abitati da mezz'ora dopo il tramonto del sole a mezz'ora prima del suo sorgere e il conducente di velocipede che circola nelle gallerie hanno l'obbligo di indossare il giubbotto o le bretelle retroriflettenti ad alta visibilità, di cui al comma 4-ter dell'articolo 162. (3)

(3) Comma aggiunto dall'art. 28, L. 29/7/2010, n. 120. (Modifiche in vigore dal 13/8/2010).

Nelle Figure 2.6 e 2.7 sono mostrati gilet e bretelle con materiale retroriflettente.



*Figura 2.6 Gilet verde fluorescente con inserti retroriflettenti*



*Figura 2.7 Bretelle alta visibilità, retroriflettenti EN 471*

Si ricorda che il Nuovo Codice della Strada prescrive che tutti i segnali debbano essere in esecuzione rifrangente con caratteristiche colorimetriche, fotometriche, tecnologiche e di durata stabilite dal D.M. 1584 del 31 Marzo 1995. Tutti i segnali stradali sono pertanto prodotti mediante applicazione di pellicole retroriflettenti di classe 1 (a normale risposta luminosa con durata minima di 7 anni) o di classe 2 (ad alta risposta luminosa con durata minima di 10 anni).

A richiesta possono esibire il relativo certificato di conformità. In considerazione della durata (7 e 10 anni) delle pellicole retroriflettenti, prescritta dal D.M. 23 giugno 1990, si consiglia di preferire i segnali su supporto d'alluminio onde assicurare maggior omogeneità di durata ai materiali. I segnali stradali "Stop", "Dare precedenza", "Dare precedenza a destra" e "Divieto di sorpasso" sono prodotti esclusivamente con pellicola rifrangente di classe 2 (High Intensity) con durata 10 anni. Tutti gli altri segnali sono prodotti con pellicola retroriflettente di classe 1 (Engineer Grade) avente un marchio (prescritto dal D.M.) a garanzia della qualità e della durata (7 anni).

**Regolamento ECE/ONU n. 104: Omologazione dei delineatori retroriflettenti per veicoli lunghi e pesanti e loro rimorchi.**

CdS art 72, comma 2-bis. (già citato) devono altresì essere equipaggiati con strisce posteriori e laterali retroriflettenti.



*Figura 2.8 Nastro omologato rifrangente 3M*





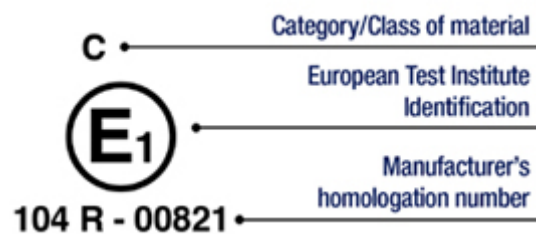
*Figura 2.9 Bordatura lineare del veicolo, configurazione minima obbligatoria a sinistra, facoltativa a destra*



*Figura 2.10 Esempi di bordature di autocarri*

Gli inserti retroriflettenti, mostrati in Figura 2.8, caratterizzati da una costruzione particolare che li rende idonei per le applicazioni sulle superfici rigide.

Se applicati secondo le raccomandazioni e con opportuna manutenzione hanno una vita utile di 8 anni.



*Figura 2.11 Marchio di omologazione*

Il marchio di omologazione dimostra che il Prodotto è stato controllato da un organismo indipendente e autorizzato e che sono conformi ai requisiti ECE ONU 104.

Inoltre, il materiale utilizzato deve essere omologato retroriflettente teli Classe C, la superficie riflettente non deve essere più larga di 60 mm. I materiali di classe C sono i materiali più brillanti che si possono utilizzare in marcature dei veicoli e sono consentiti solo per gli indicatori di contorno. 3M™ Diamond Grade™ indicatori di contorno delle serie 983 e 997S soddisfano tutti i requisiti ECE ONU 104 e il marchio di approvazione è stampato sul materiale.

La norma ECE ONU 104 specifica i requisiti tecnici relativi all'approvazione dei nastri retro-riflettenti per la marcatura di veicoli di categoria M, N e O (autobus, camion e rimorchi) in Europa.

I materiali sono suddivisi in 3 classi:

Classe "C": materiali per la marcatura dei contorni;

Classe "D": materiale per marcatura/grafica distintiva concepita per un'area limitata;

Classe "E": materiale per marcatura/grafica distintiva concepita per un'area estesa.

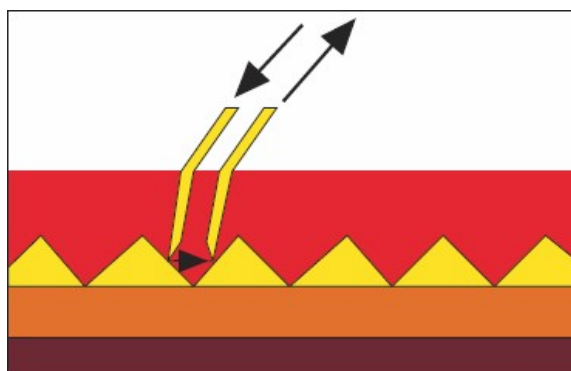
In termini di riflettività, la Classe "C" è quella di grado più elevato e la Classe "E" quella di grado più basso.

Le presenti prescrizioni si applicano all'omologazione dei sistemi degli evidenziatori retroriflettenti atti a migliorare la visibilità e la percezione dei veicoli pesanti, lunghi e dei loro rimorchi.

## CAPITOLO 3 USO DEL MATERIALE RIFLETTENTE SUGLI ABBIGLIAMENTI

### 3.1 Uso di materiale riflettente sugli abbigliamento dei ciclisti

Ausili di visibilità come gli indumenti catarifrangenti, migliorano la cospicuità dei pedoni e dei ciclisti, attirando così l'attenzione del conducente alla loro presenza. L'efficienza degli aiuti di visibilità dipende dal fatto che possono visivamente allertare in tempo i conducenti per poter evitare una collisione.



*Figura 3.1 Meccanismo di luce riflessa sul materiale retroriflettente*

Molti fattori influenzano la cospicuità, tra cui il contrasto dell'oggetto, le dimensioni, il movimento, l'illuminazione, lo sfondo, “la confusione” e le caratteristiche della strada; anche il processo cognitivo del conducente e delle sue risposte al rilevamento e al riconoscimento. E' stato visto che l'utilizzo dei materiali retroriflettenti sulle articolazioni, caviglie e ginocchia per i ciclisti (Wood, et al, 2012) ed anche ai polsi, gomiti e spalle per i podisti e pedoni (Kwan e Mapstone, 2004), che muovendosi, cioè camminando e pedalando, creano una struttura di punti in movimento nel buio che evoca il movimento biologico e ciò determina nel conducente una fase di detezione.

Nella nostra cultura non è ancora ampiamente diffuso l'utilizzo di materiali retroriflettenti sull'abbigliamento per renderlo maggiormente visibile e cospicuo nel buio. Non dimentichiamo l'art. 68 CdS che relativamente alle caratteristiche costruttive e funzionali e dei dispositivi di equipaggiamento per le biciclette prevede che debbano essere munite, per le segnalazioni visive, anteriormente di luci bianche o gialle, posteriormente di luci rosse e di catadiottri rossi; inoltre, sui pedali devono essere applicati catadiottri gialli ed analoghi dispositivi devono essere applicati sui lati.

Purtroppo la cronaca ci esplicita investimenti di pedoni e ciclisti “non visti” dal conducente al buio in momenti della giornata in cui non è necessariamente notte. E’ fondamentale “mettersi nel punto di vista dell’altro”, cioè del conducente, e non restare imprigionati in una fissità funzionale di “egocentrismo” senza che il pedone o il ciclista, adulto, si ponga nel punto di vista dell’altro e nella capacità di vedere di un conducente a bordo del veicolo: ad esempio, che il conducente possa scorgere nel buio qualcosa di scuro, oppure possa scorgere di giorno qualcosa o qualcuno fuori dalla possibilità di vederlo, fuori dal campo visivo nonostante l’aiuto di specchi.

Si rammenta dalla Gestalt che un oggetto scuro, su uno sfondo scuro, non avendo identificabili i contorni, resterà non percepito, non distinto, perché non c’è alternanza tra figura e sfondo. I fari dell’automobile al buio, illuminando un oggetto scuro, sprovvisto di un dispositivo che lo renda cospicuo, il conducente non lo potrà percepire perché non è saliente rispetto allo sfondo, non sarà visibile, quindi non è percepito, di conseguenza non potrà esserci detezione.

Rammentiamo che nel nostro Paese in pieno inverno fino circa alle ore 08.00 del mattino è buio ed è buio già nel pomeriggio circa alle ore 17,00: questo non rende cospicui una notevole percentuale di utenti della strada, non solo ciclisti, ma anche pedoni, ad esempio, i bambini che si recano e tornano da scuola.

A tale scopo, sarebbe opportuno che anche gli accessori degli studenti delle scuole primarie di primo grado (zaini e cartelle) fossero muniti d’inseriti catarifrangenti per renderli maggiormente cospicui al mattino e nel pomeriggio d’inverno. L’abbigliamento o gli accessori retroriflettenti sono obbligatori per i ciclisti nelle strade fuori dal centro abitato, ma non sempre tale obbligo viene compiuto.

Spesso non vengono osservate le norme e tanti ciclisti circolano al buio, fuori dalle piste ciclabili a loro dedicate, spesso senza utilizzare i dispositivi d’illuminazione attivi e, fuori dal centro abitato, senza utilizzare il giubbotto retroriflettente previsto dalla normativa. Si rammenta anche che molte biciclette *mountain bike*, destinate ad attività sportive, escono dalla fabbrica prive dei dispositivi di illuminazione perché il loro uso preposto è il “fuori strada” mentre, invece, vengono utilizzate sovente sulle strade anche molto trafficate, al buio e senza nessun dispositivo di illuminazione.

Questa situazione causa grave pregiudizio e pericolo alla circolazione, rendendo il ciclista maggiormente vulnerabile e, in caso d'incidente, costringendo il conducente ad affrontare un percorso giudiziario relativo a responsabilità civili e penali, oltre ad un senso di colpa che, a volte, porta al gesto di auto infliggersi la morte.

### 3.2 Cos'è il movimento biologico o Bio-Motion?

Al fine di rendersi maggiormente visibili, i ciclisti quando circolano al buio, dovrebbero utilizzare inserti retroriflettenti sulle articolazioni delle caviglie e ginocchia, in modo da evidenziare il movimento biologico poiché ciò li renderebbe molto cospicui. Secondo Vallortigara (1999) in “la percezione visiva”, noi siamo in grado di identificare correttamente le attività di un organismo in movimento (ad esempio, correre, saltare, camminare) anche quando la visione è limitata a un piccolo numero di punti luminosi collocati in posizioni strategiche sulle articolazioni.

Johansson (1973) ha sostenuto che tale capacità immediata e spontanea di percepire il movimento biologico sia innata.

Secondo Strucchi e Olivero (1999) in “La percezione del movimento biologico” contenuta in “la percezione visiva”, ricordando una novella di von Kleist (Über Marionettentheater, 1810), vengono esposti i principali problemi inerenti a quella che oggi chiamiamo la percezione del “movimento biologico”. Secondo questo autore “ogni volta che il centro di gravità di un corpo è mosso seguendo una *linea retta*, le membra descriveranno delle *curve*”.

La *vix motrix* o forza motrice si trova nel centro di gravità del movimento.

Il nostro corpo, come sistema biomeccanico, è sottoposto a vincoli fisici di varia natura ed una parte dei movimenti possono essere passivi. In un essere vivente la fonte di energia risiede nell'essere stesso che si muove: il movimento è *attivo*. La distinzione tra movimenti endogeni ed esogeni non coincide con quella tra movimenti biomeccanici e biologici. Il movimento endogeno deve essere eseguito da un sistema articolato equiparabile al corpo umano. Solo alcuni movimenti biomeccanici endogeni possono produrre l'impressione del “movimento biologico”: si usa questo termine nel senso di movimento *corporeo, endogeno e naturale*. Si intende *endogeno* riferito

all'intenzionalità, alla volontarietà; invece si intende *naturale* riferito agli aspetti biomeccanici del movimento stesso. La maggior parte dei movimenti biologici hanno uno scopo, una finalità, un'intenzione che sappiamo valutare e riconoscere percettivamente: sono *azioni* a cui spesso sappiamo dare un nome e, in seguito, ci riferiamo ad esse come ad *aspetti semantici* del movimento corporeo. L'interesse dei percettologi per il movimento biologico ha inizio con gli esperimenti di Johansson sulla percezione del movimento corporeo in condizioni di stimolazione impoverita (Johansson, 1976; Johansson, 1975; Johansson, 1973). Johansson aveva filmato nel buio degli attori, in calzamaglia nera e con 10-12 piccole lampadine attaccate alle principali giunture, mentre eseguivano diversi tipi di movimento (ad esempio, camminare, correre in diverse direzioni, andare in bicicletta).

Guardando il filmato del movimento di questi punti luminosi che scivolano nell'oscurità, gli osservatori percepivano, immediatamente (senza essere stati istruiti su che cosa si dovevano aspettare) il movimento di un attore umano, ed erano in grado di riconoscere il tipo di azione effettuata senza alcuna esitazione. Dopo 400 ms di esposizione, la totalità degli osservatori classificava correttamente anche i diversi tipi di movimento (Johansson, Hofsten e Jansson, 1980; Johansson, 1976; Johansson, 1975). Johansson ha coniato il termine "movimento biologico" per denominare il movimento degli uomini e degli animali. In letteratura sotto l'etichetta "movimento biologico" rientrano contributi con finalità diverse. L'espressione "percezione del movimento biologico" ha di fatto assunto tre significati diversi:

- 1- Riconoscere la struttura corporea dal movimento,
- 2- Riconoscere la dinamica dal movimento (Runeson, 1994; Runeson e Frykholm, 1983),
- 3- Riconoscere l'azione dal movimento.

Numerosi esperimenti dimostrano la nostra capacità percettiva di interpretare l'informazione semantica veicolata dal movimento dei punti luminosi.

Noi siamo in grado di:

- a) riconoscere la categoria dell'azione eseguita, come camminare, correre, ballare (MacArthur e Baron, 1983; Johansson, Hofsten e Jansson, 1980; Johansson,

- 1976; Johansson, 1975; Johansson, 1973), interagire con un oggetto (Dittrich, 1993; Williams, 1988);
- b) identificare le espressioni emozionali (Bassili, 1978; Dittrich, Trosciankot, Lea e Morgan, 1996; Dittrich, 1990), le intenzioni (Dittrich e Lea, 1994) e certe caratteristiche disposizionali di una persona (MacArtur e Baron, 1983);
  - c) riconoscere il sesso e l'identità di una persona (Kozlowski e Cutting, 1978; Cutting e Kozlowski, 1977; Kozlowski e Cutting, 1977) e di molte specie di animali durante il movimento di locomozione (Mather e West, 1983);
  - d) valutare il peso di un oggetto manipolato da una persona in movimento (Runeson e Frykholm, 1983; Runeson e Frykholm, 1981; Bingham, 1993; Bingham, 1987);
  - e) riconoscere e interpretare il linguaggio dei segni (Poizner, Bellugi e Lutes-Driscoll, 1981).

La nostra capacità di identificare con precisione e rapidamente tutti questi aspetti semantici del movimento dei punti luminosi è sicuramente notevole e costituisce un aspetto rilevante nella percezione del movimento biologico. Vediamo cosa rende possibile la percezione degli aspetti semantici del movimento biologico. In letteratura si possono trovare due risposte: il riconoscimento della struttura corporea rigida e la ricostruzione della dinamica partendo dalla cinematica.



*Figura 3.2 Evidenziatori di movimento biologico in pedone*

Il riconoscimento degli aspetti semantici del movimento è basato, nella maggior parte dei casi, sul riconoscimento della struttura corporea rigida veicolata dalla coerenza del moto dei punti. Lo stesso Johansson (Johansson, 1964; Johansson, 1950) aveva osservato, studiando il moto relativo di due o più punti, che i punti appaiono spesso connessi visivamente da un “bastone” immaginario. E’ noto che il movimento abbia un ruolo determinante nel far apparire una struttura tridimensionale rigida a partire da una configurazione statica bidimensionale. Questi fenomeni sono conosciuti da molto tempo come effetti cinetici di profondità e fenomeni stereo cinetici (Musatti, 1924; Metzger, 1930; Walach e O’Connel, 1953). Generalizzando, Johansson propone che qualsiasi configurazione mutevole di punti “sia analizzata in strutture coerenti che massimizzano la rigidità” (Johansson, 1973; p.86). In questa prospettiva, nel caso del movimento biologico opererebbe un principio generale secondo cui ogni insieme di punti soggetti a una trasformazione bidimensionale, che ha un’interpretazione unica come corpo rigido in movimento nello spazio, riceve questa interpretazione (Ullman, 1979). Nel caso del corpo umano ci sono anche dei vincoli supplementari che probabilmente facilitano il riconoscimento della struttura rigida in movimento.

L’aspetto più interessante dell’effetto Johansson è la capacità del nostro sistema visivo di accedere agli aspetti dinamici che sono veicolati dalla cinematica del moto percepito (Runeson, 1994). Runeson (Runeson, 1994; Runeson e Frykholm, 1983), suggerisce una valutazione accurata degli aspetti dinamici, cioè di valutare le forze attive che causano il movimento. Avremmo la capacità di risalire, attraverso la percezione, alla dinamica (quindi alle cause) “leggendo” l’informazione cinematica.

Esiste in letteratura un esempio in cui l’uso accorto delle simulazioni nella generazione degli stimoli ha permesso di ampliare in modo significativo le nostre conoscenze sul movimento biologico.

Il quadro concettuale di partenza è analogo a quello prospettato da Runeson (Runeson, 1994; Runeson e Frykholm, 1983; Runeson e Frykholm, 1981) secondo cui l’aspetto di maggior rilievo nella percezione del movimento biologico è la nostra capacità di percepire gli aspetti dinamici di un evento unicamente sulla base della sua cinematica.

Sembrerebbe che nell’elaborazione percettiva del movimento biologico non siano richieste delle connessioni rigide tra i punti in movimento, ma sia cruciale solo il



movimento delle estremità corporee (Mather, Radford e West, 1992). Le descrizioni geometrica e cinematica del moto sono logicamente indipendenti. Ogni volta che si trova una covariazione tra geometria e cinematica, siamo in presenza di vincoli dinamici. Dal punto di vista dinamico, un campo di forze determina il moto di un corpo e quindi la sua geometria e la sua cinematica che non sono più indipendenti. A ogni campo di forze è associata una relazione tra geometria e cinematica e viceversa. Quindi, l'esistenza di una covariazione tra geometria e cinematica indica l'esistenza di un campo di forze. (Viviani, 1994). Ci si è chiesti se la percezione del movimento biologico può essere ricondotta ai principi e alle regole generali che organizzano la nostra esperienza percettiva, oppure se bisogna implicare l'esistenza di alcuni meccanismi specializzati per gli stimoli biologici. Un fenomeno curioso scoperto da Shiffrar e Freyd (Shiffrad e Freyd, 1993; Shiffrad e Freyd, 1990; Shiffrad, Lichtey e Heptulla Chatterjee, 1997; Chatterjee, Freyd e Shiffrar, 1996) ci suggerisce l'esistenza di meccanismi percettivi altamente specializzati che entrano in gioco nella percezione del movimento biologico. E' risaputo che la complessità dello stimolo favorisce la percezione del movimento. Inoltre è stato dimostrato (Dittrich, 1993) che la riconoscibilità del movimento biologico non è influenzata dalla collocazione dei punti luminosi in una posizione intermedia tra le articolazioni. Stante la natura degli stimoli biologici (movimento e punti) Oram e Perrett (1994) propongono che l'informazione utilizzata dalle cellule sensibili al movimento biologico provenga dalla via dorsale del "dove" o del "movimento" piuttosto che dalla via ventrale del "che cosa" e della "forma".

### **3.3 Strumenti ottici: ricordarsi di averli e indossarli**

Culturalmente occorre sviluppare maggiormente il dovere di utilizzare, anche da parte dei ciclisti, i dispositivi di illuminazione previsti dalla normativa e di far sì che vengano utilizzati mediante campagne informative sulla sicurezza e la prevenzione degli incidenti stradali. I giubbotti retroriflettenti obbligatori per i ciclisti al buio fuori dal centro abitato e gli inserti catarifrangenti da applicare alle articolazioni delle gambe renderebbero il ciclista molto cospicuo al buio, ma questi ausili occorre possederli e ricordarsi di indossarli.

Un'importante ricerca realizzata da Tyrrel, Wood e Carberry (2004) riguardante le misure stimate dai pedoni relative alla loro cospicuità nel buio, mostra delle considerazioni molto importanti.

La maggior parte dei decessi di pedoni si verifica di notte. Anche se i ricercatori hanno da tempo capito che i conducenti hanno difficoltà a vedere i pedoni al buio e che gli aiuti riflettenti possono aumentare drasticamente la visibilità dei pedoni. Questa ricerca ha quantificato stime di pedoni sulla capacità di un conducente in avvicinamento di riconoscere la presenza in strada dei pedoni. I risultati mostrano che i pedoni sopravvalutano la loro visibilità e drammaticamente sottovalutano il beneficio dei trattamenti di cospicuità. Si può concludere che questi risultati suggeriscono che i pedoni non riescono a capire la grandezza del problema della visibilità notturna e il valore dei trattamenti di cospicuità. I pedoni possono quindi inconsapevolmente trovarsi in situazioni di pericolo durante il buio, soprattutto se vestiti di scuro. Questi risultati sottolineano la necessità di educare i pedoni sui pericoli dell'interazione nel traffico durante il buio e sui trattamenti che aumentano la loro visibilità e sicurezza.

Una importante ricerca è stata realizzata da Kwan e Mapstone (2004) a Londra riguardante gli aiuti di visibilità per pedoni e ciclisti. Questo importante studio ha mirato a quantificare l'effetto degli aiuti di visibilità sul verificarsi di una collisione e il relativo infortunio tra i pedoni e i ciclisti, con i veicoli a motore e le risposte dei conducenti nel rilevamento e riconoscimento. I rapporti di prova sono stati esaminati in base ai criteri di confronto tra situazioni con aiuti di visibilità e situazioni con nessun ausilio di visibilità, e di vari aiuti di visibilità sulla sicurezza dei pedoni e ciclisti, e le risposte dei conducenti nel rilevamento e nel riconoscimento.

Dodici studi clinici hanno valutato l'efficacia degli aiuti di visibilità diurna e 25 prove sugli aiuti di visibilità notturne, includendo 882 partecipanti. È emerso che i conducenti e gli osservatori migliorano il rilevamento e il riconoscimento di pedoni e ciclisti con aiuti di visibilità. Durante il giorno, i materiali fluorescenti nei colori giallo, rosso e arancione migliorano la rilevazione e il riconoscimento. Inserti catarifrangenti posizionati sulle articolazioni in modo da ricordare il "movimento biologico" migliorano il riconoscimento. Gli aiuti sulla visibilità hanno il potenziale per migliorare la rilevazione e il riconoscimento e meriterebbero ulteriore sviluppo.

Uno studio sulla cospicuità e incidenti in bicicletta, risultati preliminari sui ciclisti, realizzato da Thornley, Woodward, Langley, Ameratuga e Rodgers (2008) in Nuova Zelanda. E' uno studio longitudinale dei ciclisti, mediante un sondaggio basato sul Web cercando di stabilire un gruppo di ciclisti partecipanti presenti alla grande manifestazione evento in bicicletta in Nuova Zelanda, denominata "Sfida al Lago Taupo Wattyl". I partecipanti erano 2469 ciclisti iscritti online al 2006 Wattyl Lake Taupo Cycle Challenge. Principali misure di esito: incidenti auto-riferiti ai 12 mesi precedenti. I risultati mostrano 5.653 ciclisti ammissibili, 2.469 (44%) hanno completato il questionario di studio. L'età media era di 44 anni, 73% erano maschi, e il numero medio di chilometri percorso a settimana in 12 mesi precedenti era 130. L'incidenza annuale di incidenti provocanti lesioni che vanno ad inficiare le consuete attività di routine quotidiane (lavoro e famiglia) per almeno 24 ore, era 0,5 per ciclista all' anno. Circa un terzo di questi incidenti ha provocato la necessità di ricorrere ad un medico. Il numero medio di giorni di assenza dal lavoro riconducibili a incidenti in bicicletta era 0,39 per ciclisti all'anno. Il tasso di giorni di assenza dal lavoro da un infortunio per un incidente in bicicletta era sostanzialmente inferiore tra i ciclisti che hanno segnalato di indossare sempre colori fluorescenti. Le conclusioni sono state che la bassa visibilità del ciclista può aumentare il rischio di lesioni legate ad incidenti e la successiva assenza dal lavoro. Un maggiore uso di indumenti ad alta visibilità è un semplice intervento che può avere un forte impatto sulla sicurezza dei ciclisti.

Altra ricerca analoga alla precedente, riguarda l'incidenza di rischio e i fattori protettivi per gli incidenti in bicicletta: i risultati di uno studio prospettico di un gruppo di ciclisti in Nuova Zelanda, realizzato da Tin, Woodward e Ameratuga (2013).

Lo studio evidenzia per stimare l'incidenza e il rischio medico o di polizia, ha considerato la partecipazione ad incidenti in bicicletta in una prospettiva di studio di gruppo. Lo studio ha coinvolto 2.590 ciclisti con adulti partecipanti alla più grande manifestazione di ciclismo del paese un evento annuale iniziato nel 2006 "Sfida del Lago Taupo Wattyl" e seguito per un periodo medio di 4,6 anni attraverso il collegamento a quattro database amministrativi. I 66 incidenti su strada e le 10 collisioni gravi per 1000 persone all'anno corrispondevano a 240 incidenti e 38

collisioni per milione di ore trascorse a pedalare su strada. Il rischio è aumentato rispettivamente del 6% e dell'8% per ogni ora in più di pedalata ad ogni settimana. Ci sono stati 50 incidenti fuori strada per 1000 persone all'anno. I residenti in aree urbane e ad Auckland (regione con il più basso livello di ciclismo), pedalando in un gruppo, utilizzando una bicicletta da strada e sperimentando un incidente precedente, ha previsto un rischio più elevato. L'uso abituale di ausili di visibilità appare ridurre il rischio. Il rischio di incidente stradale è più elevato nelle aree urbane e in cui il pedalare è meno diffuso e aumenta nell'andare in bicicletta in gruppo e nell'aver avuto incidenti precedenti.

Questa ricerca realizzata in Canada da Hagel, Romanow, Murgunov, Embree, Couperthwaite, Voaklander e Rowe (2014) intitolata "La relazione tra l'uso di aiuti di visibilità e le lesioni correlate con veicoli a motore tra i ciclisti che si presentano al pronto soccorso", ha evidenziato che poco si sa circa l'efficacia degli aiuti di visibilità (ad esempio, i catarifrangenti, le luci, i vestiti fluorescenti) nel ridurre il rischio di un incidente tra ciclista e autoveicolo.

Lo scopo è determinare se gli aiuti di visibilità riducono il rischio di una collisione tra il ciclista e il veicolo a motore. I casi erano ciclisti colpiti da un veicolo a motore e valutati nei servizi di emergenza di ospedali a Calgary, Edmonton e Alberta, in Canada, da maggio 2008 ad ottobre 2010.

Il gruppo di controllo è stato di ciclisti con lesioni non subite da veicoli a motore.

I partecipanti sono stati intervistati circa le loro caratteristiche personali e di pregiudizio, compreso l'uso di indumenti ad alta visibilità. I risultati mostrano che ci sono stati 2.403 ciclisti feriti, tra cui 278 molto gravi. Dai risultati è emerso che uno o più aiuti di visibilità riducono le probabilità di una collisione tra un ciclista e un veicolo a motore con successiva ospedalizzazione.

Si può concludere che la scelta dell'abbigliamento dei ciclisti può essere importante nel ridurre il rischio di collisioni con i veicoli a motore. Gli effetti protettivi degli aiuti di visibilità varia in base alle condizioni della luce e bisogna anche considerare i fattori di rischio non del ciclista.

Caratteristiche, modelli dell'andare in bicicletta, esperienze di incidenti e lesioni di base in un gruppo di ciclisti pendolari e ciclisti ricreativi, in Australia, ricerca realizzata da Paulos, Hatfield, Rissel, Flack, Murphy, Grzebieta e McIntosh (2015).

Questa ricerca esamina i dati retrospettivi auto-riferiti per un periodo di 12 mesi da 2038 ciclisti adulti del Nuovo Galles del Sud (Australia) e mette a confronto i ciclisti a seconda che si auto-identificano come ciclisti pendolari o ciclisti per svago. Differenze statisticamente significative sono state trovate nelle caratteristiche demografiche, i modelli dell'utilizzare la bicicletta ed esperienze di incidenti, tra questi due gruppi di ciclisti. I ciclisti pendolari tendevano ad essere più giovani, a viaggiare più giorni alla settimana, all'interno della mattina e nelle ore di punta serale rispetto ai ciclisti ricreativi. I ciclisti ricreativi (per svago) erano più propensi a identificare il fitness come uno scopo per il ciclismo. La percentuale dei ciclisti, vivendo un incidente o lesioni incidente-correlato nei 12 mesi precedenti, è stata simile per i ciclisti pendolari e ricreativi, ma c'erano differenze di tipo di incidente e posizioni che probabilmente riflettono ambienti ciclistici differenti. L'eterogeneità all'interno dei pendolari e dei ciclisti ricreativi è stata anche trovata, in base all'intensità del pedalare auto-riferita.

Una comprensione dei diversi modelli del pedalare, esperienze e vari tipi di modi di andare in bicicletta, è utile per informare sulla sicurezza stradale.

Vi sono numerose ricerche in letteratura indicanti come la cospicuità del ciclista sia fondamentale al buio affinché il conducente abbia una detezione del segnale al fine di evitare una collisione.

Altra ricerca realizzata da Lacherez, Wood, Marszalek e King (2012) in Australia, relativamente alle caratteristiche correlate alla visibilità negli incidenti che coinvolgono ciclisti e veicoli a motore: uno studio su risposte ad un questionario online.

E' stato dimostrato, in studi di guida notturna su strada chiusa, che l'uso di inserti catarifrangenti posizionati sulle caviglie e sulle ginocchia, addizionati ad un giubbotto riflettente, è stato associato ad un aumento del 5,9 della distanza di visibilità relativa agli indumenti neri e senza luci della bicicletta, che rappresenta un notevole vantaggio per la sicurezza stradale (Wood et al, 2012).

Nonostante questo, l'uso di aiuti per la visibilità è notevolmente basso tra i ciclisti (Wood, Lacherez, Marszalek, e King, 2009). Inoltre, c'è una disconnessione

sorprendente in termini di percezione dei conducenti e dei ciclisti per quanto riguarda l'importanza della visibilità del ciclista e l'importanza degli aiuti di visibilità nel migliorare la sicurezza dei ciclisti su strada (Wood et al, 2009).

È importante sottolineare che i ciclisti credono di essere visibili a più del doppio della distanza stimata dai conducenti (King, Wood, Lacherez, e Marszalek, 2012; Wood et al, 2009), un risultato che rispecchia le precedenti ricerche sui pedoni (Tyrrell, Wood e Carberry, 2004) mentre i ciclisti valutano l'importanza della visibilità del ciclista e il beneficio degli aiuti di visibilità significativamente inferiore rispetto alla valutazione realizzata dai conducenti delle autovetture (King et al., 2012). In un precedente studio di questo gruppo (Wood et al., 2009), quasi i due terzi degli incidenti auto-riferiti sono stati segnalati per essere l'effetto del conducente di non aver visto il ciclista in tempo per evitare una collisione. Tuttavia, era più probabile di quattro volte che i conducenti, rispetto ai ciclisti, indicassero come la visibilità fosse la condizione del fattore causale dell'incidente. Questo suggerisce che i ciclisti possano essere meno consapevoli dell'importanza della visibilità negli incidenti del ciclista con un veicolo a motore, rispetto a quanto lo siano i conducenti. Questo solleva la questione se i ciclisti coinvolti in incidenti con veicoli a motore, indossano eventuali aiuti di visibilità al momento dell'incidente. Tali dati sono suscettibili di aggiungere alla nostra comprensione del contributo di fattori di visibilità relative a incidenti del ciclista in generale. Sulla base dei risultati precedenti e il basso tasso di adozione degli aiuti di visibilità tra la comunità ciclistica (Wood et al, 2009), è interessante descrivere il livello di utilizzo degli aiuti di visibilità e l'auto-percezione della visibilità, tra un gruppo di ciclisti che erano stati coinvolti in una collisione con un veicolo. Lo scopo di questo studio è stato quello di indagare le circostanze coinvolte nella collisione: la percezione del ciclista sulla causa della collisione della bicicletta con il veicolo (in termini di visibilità del ciclista, della disattenzione del conducente, o di altri fattori), il tipo di abbigliamento e la luce della bicicletta utilizzati dal ciclista al momento della collisione. Anche se gli aiuti di visibilità sono stati ampiamente sostenuti per aiutare a prevenire le collisioni tra biciclette e veicoli a motore, sarebbe interessante indagare, tra i ciclisti coinvolti in incidenti, il tipo di aiuto di visibilità che stavano usando al momento dell'incidente. Sono stati intervistati 184 ciclisti, principalmente dall'Australia, via

internet attraverso un forum di ciclismo, che erano stati coinvolti in collisioni con veicoli a motore, per quanto riguarda la causa percepita della collisione, il tempo meteo e la visibilità in generale, nonché l'abbigliamento e le luci utilizzate dal ciclista.

E' emerso che oltre un terzo degli incidenti si è verificato con bassi livelli di luce (alba, crepuscolo o tempo notturno), il che è sproporzionato dato che solo una piccola percentuale di ciclisti pedala tipicamente durante questo periodo. È importante sottolineare che il 19% di questi ciclisti ha riferito di non aver utilizzato le luci della bicicletta al momento dell'incidente, e solo il 34% indossava indumenti riflettenti. Solo due partecipanti (su 184) hanno nominato la visibilità del ciclista come la causa dello schianto, mentre il 61% attribuisce l'incidente alla disattenzione del conducente. Questi risultati dimostrano che i ciclisti coinvolti in incidenti tendono a sotto-stimare e sotto-utilizzare ausili di visibilità come un mezzo per migliorare la loro sicurezza.

Il gruppo Wood, Tyrrell, Marszalek, Lacherez, (2012) ha eseguito una ricerca riguardo all'utilizzo di abbigliamento riflettente per aumentare la cospicuità dei ciclisti di notte. Attraverso l'analisi delle banche dati di incidenti australiani, Garrard, Graves e Ellison (2010), hanno evidenziato la vulnerabilità dei ciclisti australiani sottolineando che i tassi di rischio di mortalità erano tra 4,5 e 18,6 volte superiori, per distanza percorsa, e i tassi di rischio di infortunio dai 12,9 ai 33,5 volte superiori per i ciclisti rispetto ai coinvolti in incidenti stradali conducenti e trasportati delle automobili. Pedalare nelle condizioni notturne è più pericoloso che pedalare alla luce del giorno. Ad esempio, in uno studio di ciclisti svedesi, il 40% dei ciclisti deceduti sono stati segnalati e verificati durante la notte nonostante l'esposizione delle percentuali del pedalare di notte sia molto più bassa rispetto al pedalare di giorno (Jaermark, Gregersen e Linderöth, 1991).

Una percentuale elevata di ciclisti deceduti sono legati a problemi con la visibilità frontale piuttosto che alla visibilità posteriore (Gale e Cairney, 1998). Gli automobilisti coinvolti in collisioni con ciclisti di notte spesso dichiarano che non hanno fatto in tempo a vedere il ciclista finché non fu troppo tardi per fermarsi in tempo (Blomberg, Hale e Preusser, 1986; Räsänen e Summala, 1998). Gli incidenti sono anche comuni quando i ciclisti si aspettano che i conducenti diano loro il diritto di precedenza, ma i conducenti non riescono a fermarsi in tempo. In molti casi, ciò si verifica perché i

conducenti non vedono il ciclista, o perché non esaminano la strada appropriatamente o perché i ciclisti non sono sufficientemente cospicui ai conducenti di notte. Ci sono decisamente molti più dati sulla cospicuità dei pedoni che dei ciclisti. Sebbene la misura in cui i dati sul miglioramento della cospicuità dei pedoni, generalizzata per i ciclisti, sia sconosciuta, un approccio sembra particolarmente promettente.

E' evidente che il fenomeno percettivo della nostra sensibilità visiva per i modelli di movimento umano, noto come movimento biologico o Bio-Motion, può essere utilizzato per migliorare la cospicuità notturna dei pedoni (Balk, Tyrrell, Brooks e Carpenter, 2008; Blomberg et al, 1986; Owens, Antonov e Francis, 1994; Wood, Tyrrell e Carberry, 2005). Includendo un economico inserto catarifrangente sulle principali articolazioni dei pedoni (caviglie, ginocchia, cintura, polsi, gomiti, spalle) che si muovono durante l'andatura normale, i conducenti riconoscono la presenza di pedoni più frequentemente ed a distanze molto più lunghe.

Questo è in netto contrasto ai relativamente piccoli benefici associati al più pratico modo di collocare materiale retroriflettente solo sul petto, come in un giubbotto catarifrangente (Balk, Graving, Chanko e Tyrrell, 2007; Wood et al, 2005).

Una questione chiave è la misura in cui tali vantaggi di cospicuità di movimento biologico e di segni catarifrangenti si possano estendere e generalizzare per i ciclisti.

I modelli di movimento coinvolti nel ciclismo sono intrinsecamente diversi da quelli associati con l'essere un pedone; nel contempo i movimenti associati ai piedi sono vincolati soltanto da forze biomeccaniche, i movimenti del corpo associati al pedalare una bicicletta sono ulteriormente determinati dalla struttura della bicicletta. Nonostante il fatto che i movimenti del pedalare degli arti inferiori sono sostanzialmente diversi dai movimenti degli arti inferiori di un pedone. Si ipotizza che evidenziare la forma umana ponendo inserti catarifrangenti sulle caviglie e ginocchia del ciclista fornirà vantaggi di cospicuità per i ciclisti durante la notte. L'uso di luce frontale statica o lampeggiante e di luci posteriori sulla bicicletta sono un approccio ampiamente adottato per migliorare la visibilità del ciclista di notte ed è ora un requisito legale quando si circola in bicicletta su strade al buio in molti paesi tra cui Australia (Commissione Nazionale dei Trasporti, 2009) e in molti stati degli USA. È interessante notare che, nel nostro recente sondaggio, è stato riscontrato che i ciclisti valutano la propria bicicletta con luci accese



come più visibile ai conducenti di quanto non facciano i conducenti stessi, in particolare di notte (Wood, Chaparro e Hickson, 2009a).

Tuttavia, mentre i ciclisti sono generalmente ben informati per quanto riguarda la necessità di indossare abbigliamento ad alta visibilità e sono consapevoli dell'esistenza di aiuti di visibilità come, ad esempio, giubbotti riflettenti, pochi ciclisti li utilizzano su base regolare (Hagel, Lamy, Rizkallah, Belton, Jhangri, Cherry, Rowe, 2007); (Wood, Lacherez, Marzalek, King, 2009b).

Il presente studio ha esplorato se posizionare inserti catarifrangenti su caviglie e ginocchia di un ciclista fornisca un significativo beneficio di cospicuità notturna oltre i limiti previsti da un solo gilet retroriflettente. E' stata misurata la capacità dei conducenti di riconoscere la presenza di un ciclista con diverse configurazioni di indumenti, la presenza o assenza di luce montata sulla bicicletta e l'età dei conducenti.

L'uso di inserti catarifrangenti sulle principali articolazioni di un pedone per facilitare la percezione del movimento biologico ha dimostrato di migliorarne notevolmente la visibilità nella notte, ma pochi dati corrispondenti esistono per i ciclisti. In questa ricerca dodici partecipanti giovani e dodici partecipanti più anziani hanno guidato in un circuito chiuso di notte ed hanno indicato quando hanno riconosciuto un ciclista che indossava o solo abiti neri, o abiti neri insieme con un giubbotto riflettente, o un giubbotto riflettente più inserti catarifrangenti per caviglia e ginocchio. Mentre il ciclista pedalava su una bicicletta che aveva o una luce statica, o una luce lampeggiante o nessuna luce sul manubrio. E' emerso che l'abbigliamento del ciclista influenza significativamente la sua visibilità: il conducente rispondeva a distanza notevolmente maggiore al ciclista che indossava il giubbotto più inserti riflettenti nelle caviglie e ginocchia rispetto a quando il ciclista indossava il giubbotto da solo o solo abiti neri.

I conducenti più anziani hanno risposto ai ciclisti meno spesso e su distanze più brevi rispetto ai conducenti più giovani. La presenza di una luce sulla bicicletta, sia statica o lampeggiante, non aumenta la visibilità del ciclista; ciò può indicare che i ciclisti che utilizzano una luce con la bicicletta possano sentirsi troppo sicuri della propria visibilità di notte. Le implicazioni di questi risultati sono che inserti sulla caviglia e sul ginocchio sono un semplice e molto efficace approccio per migliorare la cospicuità del ciclista di notte e prevenire incidenti stradali.

Un'altra ricerca compiuta da Wood, Tyrrell, Marszalek, Lacherez e Carberry (2013), dimostra come i ciclisti sovrastimano la propria visibilità notturna e sottovalutano i benefici delle strisce riflettenti sui punti delle articolazioni mobili.

I ciclisti sono i più vulnerabili tra tutti gli utenti della strada, sia in termini di probabilità di essere coinvolti in un incidente, che di averlo evitato per poco e la maggiore gravità delle lesioni conseguenti derivanti da incidenti che coinvolgono ciclisti e veicoli (Kwan, Mapstone e Roberts, 2002). I ciclisti hanno tra i più alti tassi di incidenti auto-riferiti e quasi accaduti, cioè che *“per un pelo”* si sono evitati, rispetto a qualsiasi altro utente della strada, significativamente superiore a quello degli automobilisti e comparabile a quello dei pedoni, essendo elevato, come un incidente ogni 5,59 miglia (Joshi, Senior e Smith, 2001). In Australia, ad esempio, i ciclisti sono sovra rappresentati in vittime di incidenti, pari al 14,6% di gravi lesioni avvenute in incidenti stradali, tuttavia i tragitti del ciclista costituiscono meno dell' 1% dei chilometri percorsi su strada (Henley e Harrison, 2009). La probabilità di un ciclista di essere gravemente ferito in seguito ad un coinvolgimento in un incidente è quasi del 27% nei dati australiani raccolti nel corso di un periodo di quattro anni (Watson e Cameron, 2006) e in un recente sondaggio australiano il 27% dei ciclisti che pedalano in modo regolare riferiscono di avere più di un infortunio in bicicletta nel periodo di un anno (Heesch, Garrad e Sahlqvist, 2011).

È importante sottolineare che i registri ospedalieri e le segnalazioni degli incidenti della polizia, in cui si basa la maggior parte degli studi delle lesioni sui ciclisti (Sikic, Mikocka-Walus, Gabbe, McDermott e Cameron, 2009), catturano solo una piccola, anche se più grave, frazione di infortuni totali in bicicletta e quindi rappresentano solamente la *“punta dell' iceberg della ferita”* (Heesch et al., 2011). Un certo numero di studi hanno suggerito che i conducenti non rilevano i ciclisti fino a quando non è troppo tardi per evitare una collisione (Kwan e Mapstone, 2004; Räsänen e Summala, 1998). Una parte significativa di incidenti tra veicoli e ciclisti sono stati identificati come incidenti in cui il conducente dichiara: *“Ho guardato ma non l'ho visto.”* (Herslund e Jorgensen, 2003), dove il conducente del veicolo non rileva il ciclista in un tempo sufficiente per evitare l'incidente, anche se riportano correttamente di aver guardato in direzione del ciclista. La tarda rilevazione dei ciclisti suggerisce che la loro mancanza di cospicuità può essere un importante contributo al fatto del loro

coinvolgimento nell'incidente. Questa ricerca ha dimostrato che l'aumento dell'uso di ausili per la cospicuità può migliorare la capacità dei conducenti di riconoscere i ciclisti, come per i pedoni, e che la capacità dei conducenti di rispondere in tempo è maggiore quando i ciclisti o i pedoni fanno uso di sussidi di cospicuità (Kwan e Mapstone, 2004). La maggiore cospicuità del ciclista può anche avere implicazioni importanti per quanto riguarda la gravità delle lesioni subite in caso di incidente. Dopo l'aggiustamento per km. percorsi all'anno, il numero di giorni di assenza dal lavoro per infortunio a seguito di un incidente in bicicletta era notevolmente inferiore tra i ciclisti che hanno riferito di indossare sempre indumenti ad alta visibilità, rispetto ai ciclisti che hanno riferito che non hanno mai indossato indumenti ad alta visibilità (Thornley, Woodward, Langley, Ameratuga e Rodgers, 2008). Aumentare la visibilità e la cospicuità dei ciclisti è particolarmente importante se si considerano le condizioni di scarsa illuminazione.

Nel suo esame di incidenti mortali in bicicletta nel Victoria (Australia), Hoque (1990) ha osservato che anche se una percentuale maggiore di tutti gli incidenti mortali in bicicletta sono stati determinati dai ciclisti stessi, nel 90% dei casi nel tempo notturno il ciclista è stato colpito da un automobilista in sorpasso, anche se questa osservazione è basata su un campione relativamente piccolo ( $n = 28$ ). Inoltre, nelle collisioni tra veicoli e ciclisti è più probabile che comporti una fatalità per il ciclista quando si verificano durante la notte in località senza lampioni (Hoque, 1990). Tuttavia, mentre i ciclisti sono generalmente ben informati per quanto riguarda la necessità di indossare abbigliamento ad alta visibilità e sono consapevoli dei benefici di aiuto della visibilità come giubbotti catarifrangenti e luci, una regolare percentuale non usa tali aiuti (Hagel, Lamy, Rizkallah, Belton, Jhangri, Cherry e Rowe, 2007). In un sondaggio di 1460 partecipanti (622 conducenti e 838 ciclisti), Wood, Lacherez, Marszalek e King (2009), hanno esplorato le credenze e gli atteggiamenti di ciclisti e conducenti riguardo alla visibilità e sicurezza del ciclista e l'uso dei ciclisti di diverse configurazioni di abbigliamento. I dati hanno dimostrato che c'è stata una mancata corrispondenza tra i ciclisti e i conducenti nei termini delle loro percezioni di visibilità, dove i ciclisti hanno stimato che erano visibili a più del doppio della distanza stimata da un conducente nelle stesse circostanze. Ciò fornisce una prova preliminare che, come i pedoni (Tyrrell, Wood e Carberry, 2004b), i ciclisti possono sopravvalutare la propria cospicuità in

condizioni di scarsa illuminazione. Questa tendenza a sovrastimare la cospicuità può formare una potenziale barriera sull'uso di ausili di visibilità e può comportare al ciclista un comportamento meno prudente. Il sondaggio ha inoltre rivelato che, sebbene i ciclisti approvano l'uso di indumenti ad alta visibilità e di aiuti, in particolare in condizioni di scarsa illuminazione, relativamente pochi ciclisti segnalano di indossare indumenti ad alta visibilità in modo regolare. I ciclisti come gruppo possono quindi sottovalutare l'importanza di attirare l'attenzione durante il buio degli altri utenti della strada.

In questa indagine (Wood et al, 2009) hanno anche scoperto che i ciclisti sopravvalutano l'utilità di alcuni aiuti di visibilità, per esempio, l'abbigliamento fluorescente di notte. Dato che i materiali fluorescenti agiscono convertendo luce ultravioletta (presente nella luce del sole) per una lunghezza d'onda più visibile, che portano a un aumento complessivo in luce visibile riflessa in condizioni diurne (Joint Comitato Tecnico SF / 4, 1999), essi non sono particolarmente preziosi come aiuti di visibilità nel tempo notturno. La maggior parte dei ciclisti e dei conducenti, in questa indagine, ha considerato l'abbigliamento fluorescente per la bicicletta essere più visibile di notte rispetto all'abbigliamento bianco. Pertanto, gli utenti della strada possono essere adeguatamente informati per quanto riguarda i limiti di alcuni aiuti di visibilità.

Il fallimento per gli utenti della strada di comprendere tali questioni potrebbe essere sfavorevole. I ciclisti hanno anche valutato che indossare un giubbotto catarifrangente sia il mezzo più efficace per migliorare la loro visibilità, oltre l'uso di strisce catarifrangenti indossate sulle articolazioni mobili. Questo è rilevante perché la ricerca empirica sulla cospicuità notturna dei pedoni (Balk, Tyrrell, Brooks e Carpenter, 2008; Tyrrell, Wood, Chaparro, Carberry, Chu e Marszalek, 2009; Wood, Tyrrell e Carberry, 2005) e più recentemente per ciclisti, (Wood, Tyrrell, Marszalek, Lacherez, Charberry e Chu, 2012), ha ripetutamente rivelato il contrario, cioè che le strisce catarifrangenti sulle grandi articolazioni mobili sono molto efficaci nel migliorare la cospicuità, presumibilmente a causa della forte sensibilità percettiva degli esseri umani a modelli tipicamente umani di movimento articolare ("movimento biologico" o " Bio-Motion ") (Johansson, 1973). Si pensa che i giubbotti catarifrangenti siano meno utili in quanto limitano il posizionamento del materiale catarifrangente al tronco, che presenta meno informazioni di movimento ai conducenti in avvicinamento. Sebbene i modelli di

movimento coinvolti in bicicletta sono intrinsecamente diversi da quelli associati con i movimenti di un pedone, evidenziando un movimento di un ciclista (posizionando inserti catarifrangenti sulle caviglie e ginocchia del ciclista), è stato recentemente dimostrato essere un approccio a basso costo ed efficace per migliorare la cospicuità del ciclista (Wood et al, 2012). Questi dati suggeriscono che gli interventi sarebbero più mirati in primo luogo ad affrontare l'uso degli aiuti di visibilità per i ciclisti, il che sarebbe ottimale in questa popolazione, così come ri-educare entrambi i gruppi, cioè pedoni e ciclisti, per quanto riguarda le questioni di visibilità. Determinare la misura in cui è aumentata la frequenza del ciclista a pedalare, quindi la maggiore esperienza delle interazioni dei ciclisti con gli altri veicoli, potrebbe avere un impatto sulla capacità dei ciclisti di giudicare la loro visibilità, sono stati inclusi nel campione sia i ciclisti che pedalano in modo regolare che i ciclisti occasionali. Sono stati confrontati i dati di distanze di visibilità stimate sulla strada, con dati raccolti in precedenza per un gruppo separato di partecipanti, dove le distanze reali in cui i conducenti hanno risposto ai ciclisti sono state determinate (Wood et al, 2012).

Questo esperimento quantifica quanto i ciclisti stimano la distanza a cui i conducenti in avvicinamento riescono a riconoscerli. Venticinque partecipanti (compresi di 13 ciclisti che pedalano almeno una volta alla settimana e 12 ciclisti che pedalano una volta al mese o meno, percorrevano un circuito di strada chiuso in tempo di notte e indicavano quando erano sicuri che un conducente in avvicinamento quanto prima riconoscesse un ciclista presente. I partecipanti indossavano abiti neri da soli o insieme con un giubbotto da bicicletta fluorescente, un gilet da bicicletta fluorescente con inserto catarifrangente supplementare per caviglia e ginocchia configurando un “movimento biologico”.

La bicicletta aveva una luce montata sul manubrio che era statica, lampeggiante o spenta.

I partecipanti hanno ritenuto che gli abiti neri li avessero resi meno visibili, le strisce catarifrangenti in addizione sulle gambe oltre a un giubbotto catarifrangente li avesse resi più visibili e che i materiali catarifrangenti aggiunti a un giubbotto fluorescente fornissero benefici sulla cospicuità.

Le luci lampeggianti sulla bicicletta sono state associate a una maggiore cospicuità rispetto alle luci statiche. Inoltre, i ciclisti occasionali si sono giudicati più visibili

rispetto ai ciclisti che circolano in bicicletta abitualmente. Nel complesso i ciclisti hanno sovrastimato la loro cospicuità rispetto alla precedente raccolta di distanze di riconoscimento e sottovalutato i benefici di cospicuità degli inserti catarifrangenti sulle caviglie e ginocchia. I partecipanti erroneamente giudicavano che un giubbotto fluorescente che non includeva materiale catarifrangente dovesse migliorare la loro visibilità.

### **3.4 La nostra idea è sicurezza passiva**

Il soggetto non deve fare nulla, è incorporata nel telaio come, ad esempio, i catarifrangenti per l'ingombro della sagoma negli autocarri.

L'idea di utilizzare gli inserti retroriflettenti previsti dalla normativa ECE/ONU n.104 anche per le biciclette, **complementare** ai dispositivi previsti dalla legge in base all'art. 68 CdS, renderebbe i ciclisti cospicui nel buio e, molto probabilmente, eviterebbe numerosi incidenti.

Questa idea insiste sulla sicurezza passiva: una volta inseriti gli inserti retroriflettenti in modo adesivo, oppure fissati con fascette da elettricista, si rendono inamovibili e svolgono la loro funzione retroriflettente, senza bisogno che il ciclista si ricordi di inserire o utilizzare qualcosa: in automatico funzionano, sono auto esplicanti.

Una striscia retroriflettente di colore rosso sulle forcelle posteriori e una striscia retroriflettente di colore giallo sulle pedivelle, renderebbero il ciclista cospicuo nel buio.

## **CAPITOLO 4 L'UTILIZZO DI MATERIALI RETTORIFLETTENTI NELLA PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI NEI CICLISTI**

### **4.1.1 Introduzione**

La presente ricerca si inserisce nell'ambito degli studi sulla sicurezza passiva nei ciclisti e intende verificare se l'installazione stabile sulla bicicletta di inserti catarifrangenti possa aumentare la cospicuità (la tendenza di un oggetto di distinguersi dal suo sfondo; Langham e Moberly, 2003), e renderla quindi più visibile agli altri utenti della strada. Grazie ai catarifrangenti, infatti, la bicicletta verrebbe maggiormente identificata rispetto allo sfondo quando colpita da un fascio luminoso (ad es. i fari di un altro veicolo). L'idea di base è stata quindi quella di fissare sulle forcelle posteriori del telaio della bicicletta strisce catarifrangenti di colore rosso (Esperimento 1).

In aggiunta, nell'Esperimento 2, considerando che il movimento è conseguente all'azione di pedalare attrae automaticamente l'attenzione e viene velocemente percepito, è stata verificata l'utilità dell'applicazione di inserti catarifrangenti gialli alle pedivelle della bicicletta. Questo al fine di richiamare alla memoria la cinematica della bicicletta, la geometria del suo movimento ed evocare la dinamica connaturata.

Come riportato nella parte introduttiva del presente lavoro, la cospicuità del mezzo è un importante fattore negli incidenti dei ciclisti, con un'alta percentuale di conducenti di automobile che riferiscono di non aver visto il ciclista prima della collisione (Herslund e Jorgensen, 2003; Kwan e Mapstone, 2004; Räsänen e Summala, 1998). In particolare il rischio di incidenti per le biciclette nelle ore notturne è da due a cinque volte maggiore rispetto a quelle diurne (Jaermark, Gregersen e Linderøth, 1991), il che suggerisce che la visibilità dei ciclisti in condizioni di scarsa illuminazione sia particolarmente problematica.

Da ciò è derivata l'idea che ha guidato la mia ricerca.

### **4.1.2 Scopo e ipotesi**

Lo scopo dell'indagine è stato quello di verificare l'efficacia dell'inserzione stabile di catarifrangenti sulle biciclette al fine di aumentarne la cospicuità.

In particolare per gli scopi della ricerca in due esperimenti è stata verificata l'utilità di due diversi tipi di dispositivi catarifrangenti, descritti successivamente. La nostra ipotesi era che le biciclette sperimentali (dotate di catarifrangenti) fossero individuate e riconosciute a una distanza significativamente maggiore rispetto a quella di una bicicletta di controllo (non provvista dei dispositivi catarifrangenti) da un automobilista proveniente da dietro.

## 4.2 Esperimento I

### 4.2.1 Metodo

#### 4.2.1.1 Partecipanti

Il campione (riportato in Tabella 4.1) era composto di 17 partecipanti, ( 9 femmine e 8 maschi, *range* età: 21-64; età media dei maschi 47,5, *range* 21-64; età media delle femmine 42,6, *range* 25-55) tutti dotati di patente di guida di categoria B in corso di validità.

I partecipanti hanno tutti riferito di guidare regolarmente e non presentavano problemi di vista o indossavano durante la guida lenti correttive. Nello specifico: 5 maschi e 4 femmine utilizzavano occhiali o lenti a contatto. Le diottrie mancanti erano da 1,70 a 3,00; con una media di diottrie mancanti di 1,69 per i maschi e 2,11 per le femmine.

**Tabella 4.1 Partecipanti 1° esperimento**

N° partecipante	Età	Sesso	Occhiali o lenti	Diottrie SX	Diottria DX
1	50	F	SI	1,75	1,80
2	55	M	SI	1,00	1,70
3	21	M	SI	3,00	3,00
4	21	M	NO		
5	52	F	SI	2,00	2,00
6	28	M	NO		
7	64	M	NO		
8	32	F	NO		
9	33	F	SI	3,00	3,00
10	55	M	NO		
11	62	M	SI	2,00	2,50
12	48	F	SI	1,70	1,70
13	44	F	NO		
14	25	F	NO		
15	37	M	SI	2,00	2,00
16	48	F	NO		
17	52	F	NO		



#### **4.2.1.2 Materiali**

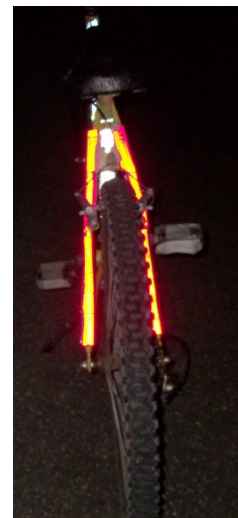
I materiali consistevano di due biciclette (una sperimentale e una di controllo) guidate, nelle situazioni sperimentali, dalla stessa ciclista. La **bicicletta sperimentale**, di colore chiaro, (Figura 4.1 e 4.2), era munita di strisce retroriflettenti bianche sul telaio e di colore rosso sulle forcelle posteriori, catarifrangenti 3M ad alta visibilità, ECE/ONU 104, senza nessun altro dispositivo visivo e i catadiottri dei pedali erano stati oscurati con nastro da carrozziere. La **bicicletta di controllo** (Figura 4.3), identica alla prima, aveva i fanali e i catadiottri dei pedali oscurati mediante nastro adesivo da carrozziere, non era provvista di altri dispositivi riflettenti luci, ed anche il parafrangente posteriore veniva oscurato da nastro da carrozziere onde evitare eventuale riflesso di luce sulla lamiera. Come si espone nelle immagini, sulla bicicletta sperimentale la striscia catarifrangente, su entrambe le forcelle posteriori, era di colore rosso e veniva applicata mediante nastro adesivo da carrozziere e piccoli pezzi di corda per tenere maggiormente unito in quanto per piegare la plastica abbastanza rigida non era sufficiente l'aderenza del nastro adesivo. La striscia catarifrangente sui tre tubi costituenti il telaio era di colore bianco. La superficie di ogni forcella posteriore era di cm. 40 di lunghezza e cm. 4 di circonferenza, per un totale di cm.<sup>2</sup> 160 per ogni forcella, la striscia catarifrangente rossa applicata posteriormente con il nastro adesivo di cm. 2, considerando che la parte visibile e riflettente la luce anabbagliante dei fari dell'autovettura dello sperimentatore illuminava la parte posteriore della forcella (ossia metà), dunque per un totale di cm.<sup>2</sup> 80 per ogni forcella. Il telaio risultava complessivamente di cm. 50 sulla parte superiore (canna della bicicletta), cm. 52 per la parte anteriore e cm. 38 per il lato posteriore sotto sella, ciascuno con una circonferenza di cm. 10, per un totale di superficie ricoperta da striscia 3M catarifrangente di cm.<sup>2</sup> 1.400 fissata anch'essa con adesivo e pezzi di corda per tenere meglio piegata la striscia catarifrangente. Si precisa che il telaio, durante le prove, non veniva avvistato in quanto la sua visibilità era coperta dal corpo della ciclista e dalla ruota posteriore. Unico bersaglio che rifletteva la luce dei fari anabbaglianti del veicolo proveniente da tergo erano le forcelle munite di inserti catarifrangenti di colore rosso.

La strada era un rettilineo di circa 1 km. Fuori dal centro abitato e senza illuminazione pubblica, scarso traffico in entrambi i sensi di marcia; veniva percorsa dai partecipanti

da sud verso nord. I partecipanti aspettavano il proprio turno alla partenza ed espletavano la loro prova di avvistamento di entrambe le biciclette in modo avvicendato.



*Figura 4.1 Bicicletta sperimentale durante il giorno: vista laterale a sinistra, posteriore a destra*



*Figura 4.2 Bicicletta sperimentale al buio: vista laterale a sinistra, posteriore a destra*



**Figura 4.3** *Bicicletta di controllo: vista posteriore a sinistra di giorno, a destra al buio*

#### **4.2.2 Procedura**

L'esperimento ha avuto luogo su una strada rettilinea e non trafficata, in una serata particolarmente buia, con condizioni meteorologiche di pioggia intensa e continua.

A ciascun partecipante veniva richiesto di salire a bordo dell'autovettura insieme alla sperimentatrice e di percorrere un tratto di strada fino a quando non percepiva "qualcosa", di dichiarare "ostacolo" (questa è la fase denominata in letteratura *detection*) e di fermarsi.

In quel momento la sperimentatrice comunicava mediante radio ricetrasmittente alla ciclista di fermarsi e aspettare il nostro arrivo. Da quel momento, ossia da quando il conducente aveva detto "ostacolo", iniziava la misurazione con strumento GPS fino al momento in cui il conducente/partecipante riconosceva la ciclista (fase denominata in letteratura come *recognition*, ossia del riconoscimento dell'oggetto/soggetto) e si procedeva al rilevamento 1 di misura, fino misura 2 realizzata quando si sopraggiungeva a fianco della ciclista a bordo della bicicletta.

Si precisa che la misurazione 2 è la detezione, mentre misurazione 2 - (meno) misurazione 1 è il riconoscimento.

La ciclista percorreva lo stesso rettilineo con la bicicletta di controllo e la bicicletta sperimentale, in modo controbilanciato per ogni partecipante.

L'abbigliamento della ciclista era nero e vi era stato apposto nastro da carrozziere sulle scarpe per evitare eventuali riflessi.

I partecipanti si sono susseguiti casualmente nelle prove, in ordine di arrivo alla base di partenza, e percorrendo il tragitto senza sapere se prima avrebbero avvistato la ciclista con la bicicletta sperimentale o la ciclista con la bicicletta di controllo.

I partecipanti erano a conoscenza che lo scopo della ricerca era misurare la distanza esatta di individuazione e di riconoscimento della ciclista su entrambi i tipi di biciclette. Il tratto di strada veniva percorso per un solo senso di marcia, precisamente da sud verso nord, poi si ritornava alla partenza e la ciclista cambiava bicicletta e si ripeteva la prova. Successivamente alle misurazioni entrambi i mezzi (io e il partecipante a bordo del veicolo e la ciclista con la bicicletta) ritornavano alla partenza. La strada bagnata e lo sfondo erano particolarmente scuri e la visibilità era scarsa, i tergicristalli operavano in continuazione durante tutta la prova, dall'inizio dell'esperimento fino all'ultimo partecipante.

#### **4.2.3 Analisi statistiche**

È stato usato il GPS per misurare le distanze iniziando la misurazione dal momento in cui il partecipante/conducente dichiarava “**ostacolo**” e da lì (lo zero) iniziava la misurazione fino al punto in cui il partecipante riconosceva la ciclista e dichiarava “ciclista” a quel momento veniva trascritta la 1° misurazione in metri lineari, poi la 2° misurazione veniva realizzata quando si arrivava a fianco della ciclista a bordo della bicicletta.

Le misure sono state messe in un foglio di calcolo Excel e trasformate in CSV per essere elaborate con il programma di analisi statistica R. Il percorso è stato misurato anche con ruota metrica per avere un raffronto sulla affidabilità dello strumento ed è risultata una discrepanza di m.2 su m.50 di percorso misurato con ruota metrica, e di m.10 su un percorso di 900 metri; ravvisando una tolleranza del 1-4 %. Quindi si può affermare che lo strumento GPS utilizzato possa aver compiuto le misure in modo affidabile.

#### 4.2.4 Risultati

La nostra ipotesi era che la bicicletta con gli inserti rifrangenti venisse identificata e riconosciuta a una distanza maggiore rispetto alla bicicletta di controllo, essendo più cospicua e visibile rispetto alla bicicletta di controllo.

Preliminarmente si è verificata l'esistenza di effetti sulla prestazione dovuti all'età dei partecipanti e al genere. Le analisi non hanno fatto emergere alcun effetto significativo. Sono state quindi calcolate due analisi di varianza con un fattore tra soggetti (bicicletta: sperimentale vs controllo) in cui la variabile dipendente era, rispettivamente, lo spazio di deteazione e lo spazio di riconoscimento.

Per quanto riguarda la deteazione, la distanza media è stata: per la bicicletta di controllo m.78,58; mentre per la bicicletta sperimentale di m.146,47.

La differenza è stata verificata mediante una ANOVA che è risultata significativa:  $F(1,16) = 61,66, p < 0,001$ . La presenza delle bande riflettenti aumenta la visibilità di deteazione di una magnitudo 1,86.

La media della distanza di riconoscimento è stata: per la bicicletta di controllo di m. 28,88; mentre per la bicicletta sperimentale è stata di m. 62,70.

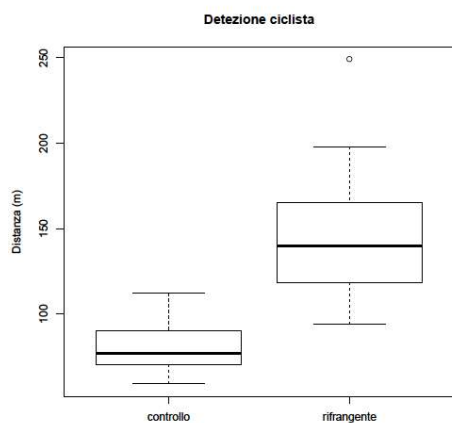
La differenza è stata verificata mediante una ANOVA che è risultata significativa:  $F(1, 16) = 24,62, p < 0,0001$ .

Nel riconoscimento la presenza delle bande riflettenti aumentava la visibilità di una magnitudo di 2,17.

I valori medi sono riportati nella Tabella 4.2 e nelle Figure 4.4 e 4.5

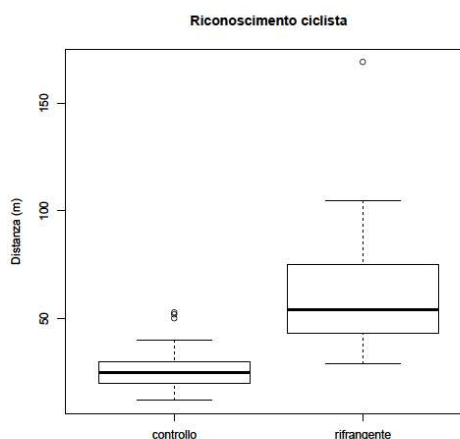
**Tabella 4.2 delle distanze relative al 1° esperimento.**

	<b>Deteazione</b>	<b>Riconoscimento</b>
<b>Senza bande riflettenti</b>	78,58	28,88
<b>Con bande riflettenti</b>	146,47	62,70



**Figura 4.4**

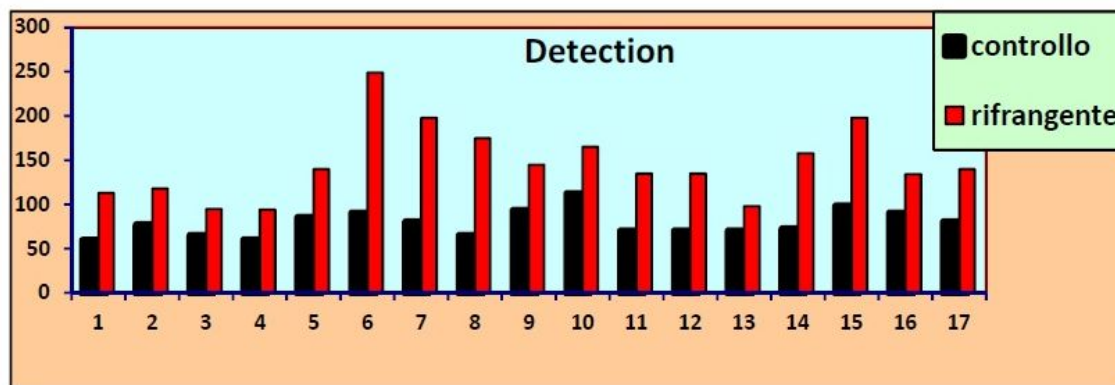
*Come si può notare dalla mediana nel box plot, la bicicletta “sperimentale” viene individuata ad una distanza oltre il doppio, rispetto alla distanza della bicicletta di “controllo”.*



**Figura 4.5**

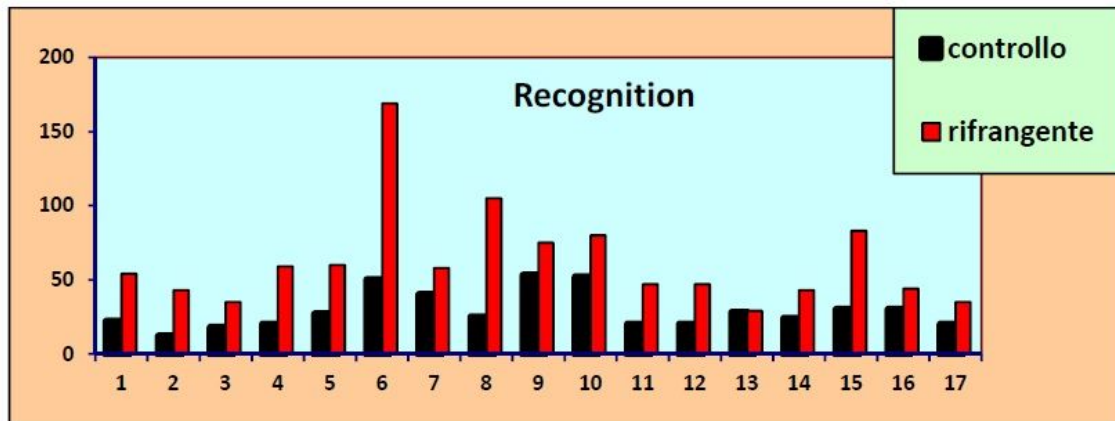
*Come si può notare dalla mediana nel box plot, la bicicletta “sperimentale” viene riconosciuta ad una distanza oltre il doppio rispetto alla bicicletta di “controllo”.*

Nel grafico, Figura 4.6, si evidenzia con colore rosso la distanza di deteazione della bicicletta sperimentale; mentre con colore nero si ha la distanza di deteazione della bicicletta di controllo.



**Figura 4.6** Grafico mostra deteazione: colore rosso bicicletta sperimentale, colore nero bicicletta di controllo

Come si nota la distanza dell’individuazione (deteazione) della bicicletta sperimentale è sempre maggiore rispetto alla distanza di individuazione della bicicletta di controllo.



*Figura 4.7. Grafico mostra: colore rosso distanza riconoscimento bicicletta sperimentale, colore nero distanza riconoscimento bicicletta di controllo*

Nel grafico, Figura 4.7, si evidenzia con colore rosso la distanza di riconoscimento della bicicletta sperimentale, mentre con colore nero si evidenzia la distanza di riconoscimento della bicicletta di controllo. Anche in questo caso la distanza del riconoscimento della bicicletta sperimentale è maggiore (a volte il doppio) rispetto alla distanza di riconoscimento della bicicletta di controllo.

#### 4.2.5 Discussione

Come emerso dalle analisi la distanza dell'individuazione (detezione) della bicicletta sperimentale è sempre maggiore rispetto alla bicicletta di controllo; analogamente accade nella fase del riconoscimento. Questo significa che i ciclisti utilizzando sistemi di sicurezza passivi come bande retroriflettenti ECE/ONU 104 applicate al telaio, in particolare sulle forcelle posteriori, possono essere individuati ad una distanza molto maggiore rispetto a non avere nessun ausilio di visibilità.

Se ne trae che la diffusione di sistemi di sicurezza passivi da parte dei ciclisti applicando inserti retroriflettenti ECE/ONU 104 potrebbe dare un utile contributo alla sicurezza stradale, evitando incidenti, salvando vite umane, con un risparmio di risorse sociali ed economiche e un successivo maggiore benessere per tutta la società.

### **4.3 Esperimento II**

Ipotesi: si è ipotizzato che l'utilizzo di una pedivella retroriflettente (catarifrangente ECE/ONU 104 colore giallo applicati alle pedivelle) possa favorire la visibilità del ciclista in condizioni notturne. Questa ipotesi vuole sfruttare la peculiarità per cui oggetti in movimento risultano più salienti rispetto ad oggetti statici.

#### **4.3.1 Metodo**

##### **4.3.1.1 Partecipanti**

I partecipanti erano 15 persone di cui 8 maschi e 7 femmine, tutti muniti di patente di guida di categoria B in corso di validità, non avevano problemi di vista, avevano acuità visiva nella norma compatibilmente con la patente conseguita e per ulteriore valutazione venivano chieste le diottrie mancanti per ogni occhio e indossavano la correzione ottica che normalmente indossavano durante la guida, se indicata: hanno tutti riferito di guidare regolarmente. L'età dei partecipanti variava da un minimo di 27 anni ad un massimo di 62 anni con una media di età di 51,2 anni; età media dei maschi di anni 52,6 con un *range* dai 27 ai 62 anni; mentre l'età media delle femmine era di 49,5 anni con un *range* dai 44 ai 54 anni. I maschi indossavano gli occhiali in 3, mentre non li indossavano in 5; media di diottrie mancanti tra i partecipanti maschi era di 1,16 nell'occhio sinistro e di 1,2 nell'occhio destro. Le femmine in 2 non indossavano gli occhiali, mentre le altre 5 li indossavano (di cui una indossava lenti a contatto) e complessivamente presentavano un difetto di diottrie di 1,78 nell'occhio sinistro e di 2,89 nell'occhio destro. Tutti i partecipanti compensavano la mancanza di diottrie con l'uso di occhiali o lenti a contatto come indicato dalla patente di guida, qualora prescritto.



**Tabella 4.3 Partecipanti 2° esperimento**

N° partecipante	Età	Sesso	Occhiali o lenti	Diottrie SX	Diottria DX
1	59	M	NO		
2	27	M	NO		
3	49	M	NO		
4	58	M	SI	1,50	1,50
5	51	F	SI	1,40	1,70
6	48	F	SI	2,00	2,00
7	55	M	SI	1,00	2,00
8	50	F	SI	1,00	2,00
9	44	F	NO		
10	50	M	NO		
11	48	F	NO		
12	61	M	NO		
13	54	F	SI	3,00	7,00
14	62	M	SI	1,00	0,50
15	52	F	SI	1,50	1,75

#### 4.3.1.2 Materiali

La bicicletta di controllo, come mostrato in Figura 4.10, era la stessa del precedente esperimento: oscurata nel fanale posteriore e nel parafrangente mediante nastro da carrozziere; i pedali erano oscurati da nastro da carrozziere, in particolare sopra ai catadiottri arancione.

La bicicletta sperimentale, come mostrato in Figura 4.8 e 4.9, era la bicicletta del precedente esperimento, ma in questo caso presentava solamente inserto catarifrangente di colore giallo sulle pedivelle; anche i catadiottri dei pedali erano oscurati mediante nastro da carrozziere. La superficie della pedivella era di cm. 20 di lunghezza, il perimetro circolare era di cm. 2+1+2+1 per ogni pedivella; si precisa che sulla pedivella destra, nella parte interna adiacente al copri catena, non era possibile inserire l'inserto catarifrangente perché era connesso al copricatena. Complessivamente la pedivella sinistra presentava una superficie di copertura di inserto giallo catarifrangente di cm<sup>2</sup> 120, cioè 20 X (2+1+2+1). Nella pedivella destra invece la superficie utile coperta da inserto retroriflettente era complessivamente di cm<sup>2</sup> 80. Poiché la ciclista percorreva la strada tenendosi regolarmente a destra della carreggiata, come da codice della strada, l'angolo di visuale del conducente dell'autovettura permetteva di vedere la pedivella sinistra e relativamente poco quella destra.



***Figura 4.8***  
***Bicicletta sperimentale di giorno***



***Figura 4.9 Bicicletta sperimentale al buio: si notano le pedivelle retroriflettoni***



*Figura 4.10 Bicicletta di controllo: di giorno a sinistra, al buio a destra*

#### **4.3.2 Procedura**

Anche in questo caso una ciclista percorreva, in modo alternato e senza dichiarare se prima usava il veicolo di controllo o quello sperimentale, partiva e si distanziava di alcune centinaia di metri; dopo partiva il partecipante/conducente a bordo del veicolo, insieme alla sperimentatrice. L'esperimento si è svolto in una serata serena, non di luna piena. Tratto di strada buio, fuori dal centro abitato e senza pubblica illuminazione.

I conducenti, come nell'esperimento precedente, dovevano simultaneamente fermarsi e dichiarare “ostacolo” qualora percepissero “qualcosa”. La procedura era identica a quella dell'Esperimento 1.

#### **4.3.3. Analisi statistiche**

Sono state svolte le stesse analisi svolte per l'Esperimento 1.

#### **4.3.4. Risultati**

Inizialmente si è verificata l'influenza delle variabili individuali: età, genere, acuità visiva. Da queste analisi preliminari non sono emersi effetti significativi.

La media dell'individuazione (detezione) della bicicletta di controllo è stata di m. 89,53; mentre la media del riconoscimento della bicicletta di controllo è stata di m. 26,60. Utilizzando la bicicletta sperimentale, invece, la distanza media di individuazione è stata di m. 163,26, mentre la distanza media di riconoscimento è stata di m. 59,00.

**Tabella 4.4 medie delle distanze relative al 2° esperimento.**

	<b>Detezione</b>	<b>Riconoscimento</b>
<b>Senza bande riflettenti</b>	89,53	26,60
<b>Con bande riflettenti</b>	163,26	59,00

#### **ANALISI PER LA DETEZIONE**

La differenza di distanza di deteazione fra condizione di controllo e condizione sperimentale è stata verificata mediante una ANOVA (disegno a misure ripetute) che è risultata significativa:  $F(1,12) = 25,36, p < 0,001$ .

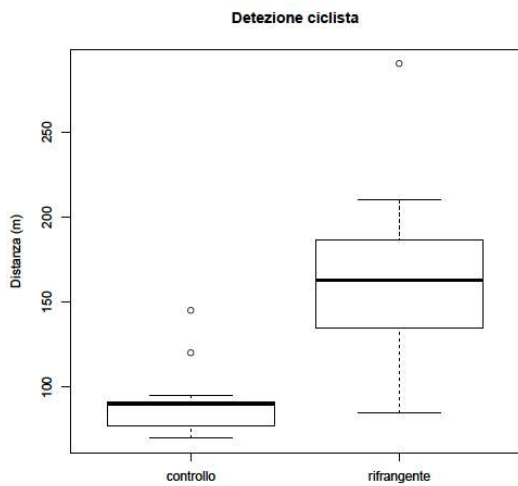
Nella condizione di controllo la deteazione avveniva a 89,53 m. mentre nella condizione sperimentale la distanza di deteazione era di 163,26 m.

#### **ANALISI PER IL RICONOSCIMENTO**

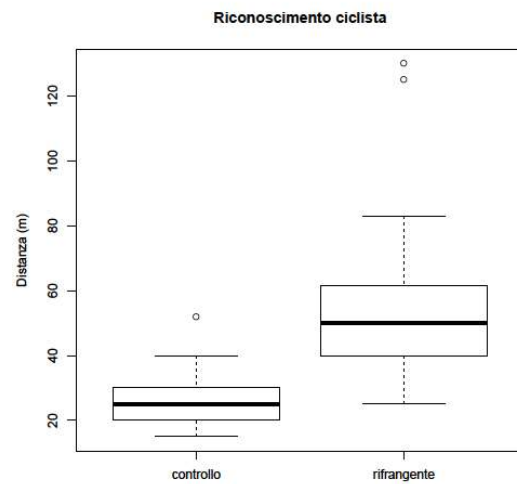
È stato applicato un test statistico ANOVA con disegno a misure ripetute in cui la variabile dipendente era lo spazio di riconoscimento mentre la variabile indipendente era la presenza o assenza di catarifrangente.

L'ANOVA è risultata significativa:  $F(1,14) = 14,18, p < 0,002$ .

E' emerso che la bicicletta sperimentale sia maggiormente visibile rispetto alla bicicletta di controllo, anche oltre il doppio della distanza, sia nella fase di deteazione sia nel riconoscimento, come mostrato nella Tabella 4.4 e nelle Figure 4.11 e 4.12.

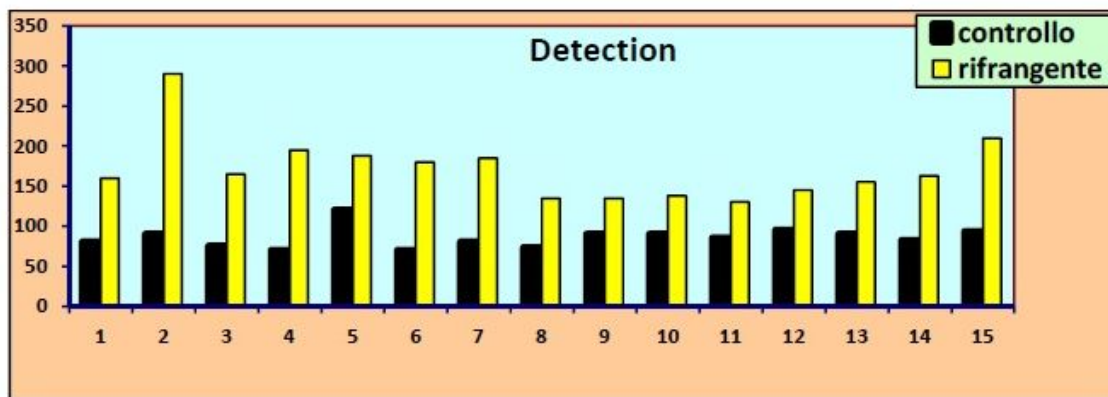


**Figura 4.11** Distanze medie di detezone in funzione della presenza o assenza del rifrangente

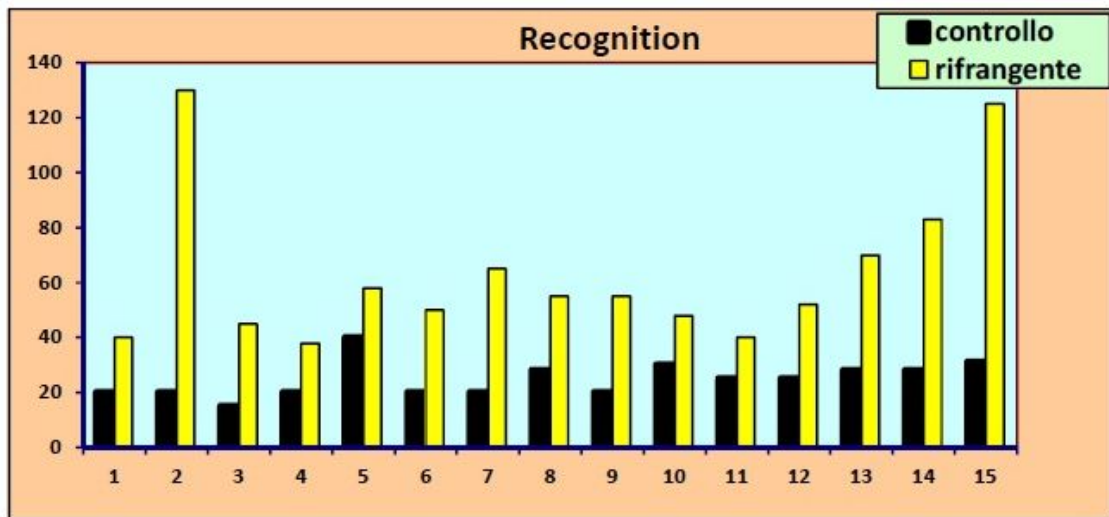


**Figura 4.12** Distanze medie di riconoscimento in funzione della presenza o assenza del rifrangente

È emerso come sia significativa la detezone della bicicletta sperimentale rispetto alla detezone della bicicletta di controllo (magnitudo 1,82); analogamente come sia significativo anche il riconoscimento della bicicletta sperimentale rispetto al riconoscimento della bicicletta di controllo (magnitudo 2,21).



**Figura 4.13** Si mostra come la detezone della bicicletta sperimentale sia maggiore rispetto alla detezone della bicicletta di controllo



*Figura 4.14 Anche nel riconoscimento, la distanza della bicicletta sperimentale supera la distanza della bicicletta di controllo*

#### 4.3.5 Discussione

Si evidenzia come l'utilizzo di inserti retroriflettenti sulle pedivelle, nonostante la piccola superficie interessata, sortisce il risultato nel conducente di avvistare un "ostacolo" ad una distanza maggiore rispetto a non avere nessun catarifrangente (bicicletta di controllo).

Come mostra la Figura 4.15, i catarifrangenti ECE/ONU 104 permettono una buona cospicuità del ciclista nel buio.

Così come gli inserti catarifrangenti ad alta visibilità ECE/ONU 104 utilizzati per segnalare i veicoli ai sensi dell'art. 72, comma 2 bis del CdS: se applichiamo tali inserti sulla superficie delle forcelle posteriori di colore rosso e alle pedivelle di colore giallo, il ciclista risulterà cospicuo nel buio e il conducente avrà una detezione migliore rispetto a non avere nessun dispositivo o avere solo i dispositivi previsti dalla normativa.



*Figura 4.15 Bicicletta sperimentale al buio: si notano le pedivelle retroriflettenti*

## 5. CONCLUSIONI

Da circa dieci anni il gruppo australiano di Joanne M. Wood realizza interessanti ricerche sulla cospicuità dei pedoni e ciclisti al fine di migliorare la visibilità ed evitare incidenti stradali o di ridurne la gravità.

I miei due studi sperimentali si inseriscono nella tipologia delle ricerche riguardanti la prevenzione degli incidenti stradali dei ciclisti al buio.

Importanti sono le considerazioni sul movimento biologico: oltre al rifrangente presente in un certo numero di cm.<sup>2</sup>, viene considerato il movimento in sé che veicola la percezione e l'attenzione del conducente, il quale esplica la detezione e può evitare l'incidente stradale o ridurne la gravità.

Rammentando che in Italia, dati ISTAT, è stimato che il costo sociale, cioè il danno economico derivante dall'incidente e subito dalla società, ha un parametro di € 1.503.990,00 per ogni persona deceduta ed € 42.219,00 per ogni persona ferita, nonché di € 10.986,00 quale costo medio generale per incidente stradale, oltre a implicazioni psicologiche per i coinvolti e i rispettivi famigliari. L'incidente stradale è un trauma che può dare inizio al PTSD e, in alcuni casi, può portare anche al suicidio come gesto tragico di chi non riesce ad elaborare la mancanza improvvisa di un caro congiunto, o di aver causato la morte a qualcuno.

Le ricerche precedenti, soprattutto in Australia, Canada e USA, evidenziano quanto sia importante la cospicuità del ciclista al fine di prevenire un incidente, ma anche quanto i ciclisti sottostimino i benefici dei rifrangenti e sopravvalutino la loro visibilità.

In Italia è poco diffuso l'uso del casco (non è obbligatorio) e poco diffuso l'utilizzo delle luci e del giubbino ad alta visibilità, entrambi previsti dalla normativa.

In caso di incidente stradale al buio spesso non viene rilevato se il ciclista (o il pedone) indossava abbigliamento con addizionato materiale ad alta visibilità o se indossava tradizionali abiti non cospicui. Sovente ciclisti con biciclette obsolete, prive di fanali o non funzionanti, circolano in strade trafficate anche fuori dal centro abitato e senza indossare giubbino ad alta visibilità come prescritto dalla normativa.



Occorre un modo per persuadere i ciclisti a rendersi cospicui ed abbandonare il proprio “*egocentrismo*” di ritenersi visti, affermando “*io ci vedo*” come spesso dichiarano spontaneamente quando circolano al buio. Dimostra il comportamentismo che solo sanzionare serve a poco, può servire per una certa percentuale di utenti, ma occorre motivare, convincere, persuadere, far crescere la consapevolezza e la responsabilità nei ciclisti.

L’evidenza delle ricerche e delle documentazioni con i dati ed i costi umani e sociali dovrebbero almeno persuadere le istituzioni e alcune associazioni di ciclisti, a compiere campagne di sensibilizzazione al fine di prevenire incidenti stradali.

Il movimento biologico è la componente maggiormente cospicua, ma richiede che gli ausili di visibilità vengano acquistati e il ciclista si ricordi di indossarli: occorre che il ciclista sia diligente e collaborativo verso la sua sicurezza e rispetti gli altri utenti della strada, maturando il convincimento che se non è visto rischia di essere investito con le conseguenze per se stesso e per il conducente sfortunato che non è riuscito a vedere al buio qualcuno senza dispositivi visivi.

Occorre fare campagne di educazione stradale nelle scuole e nei posti di lavoro, come prevede la normativa, ma purtroppo lasciate alla sensibilità di pochi volontari che dedicano il proprio tempo libero alla sicurezza e alla salute degli altri per il bene della società.

Abbiamo visto come gli adolescenti e i pendolari abbiano un elevato tasso di incidenti: è indispensabile adottare campagne di informazione anche per abbattere certi stereotipi e pregiudizi, oltre ad errori, come ad esempio ritenere che un giubbino fluorescente sia altamente visibile al buio.

Meno incidenti equivale ad una società più sana, più efficiente e più efficace: meno dolori, meno giorni di mancanza di PIL, meno giorni di ospedalizzazione, meno conseguenze di traumi psicologici e meno conseguenze giudiziarie, più benessere.

E’ risaputo che tanti ciclisti omettono di installare o di sostituire fanali e catadiottri mancanti, danneggiati od obsoleti e questo li rende scarsamente cospicui nel buio e soggetti a rischio di incidente stradale. La loro vulnerabilità è elevatissima poiché non hanno sistemi di protezione e il loro corpo e la bicicletta impattando contro un veicolo a motore, anche per la forza prodotta nell’urto data dalla somma delle velocità, ad

esempio, un'automobile che circola ai 60 Km/h ed urta, tamponando, una bicicletta che circola ai 10 km/h produce una collisione ai 50 Km/h che equivale ad un impatto analogo a quello di cadere dal 3° piano di un edificio: il ciclista, in quel caso, subisce una conseguenza rovinosa.

Si ha altresì l'impressione che ci siano pochi controlli ai ciclisti che circolano al buio senza i dispositivi di illuminazione efficienti e/o il giubbino ad alta visibilità fuori dal centro abitato, questi recano pregiudizio alla circolazione e rischiano di coinvolgere un altro utente della strada in un incidente stradale con le conseguenze legali, giudiziarie, economiche e di senso di colpa che abbiamo visto.

Ma anche la sanzione non risolve il problema. Oltre a questo è opportuno istituire campagne informative, educative, per responsabilizzare i ciclisti.

Questi due studi inerenti alla sicurezza passiva, hanno lo scopo di verificare gli effetti di bande riflettenti applicati su parti della bicicletta, al fine di verificare la visibilità dei ciclisti nelle condizioni notturne. Si è consapevoli del grave problema degli incidenti stradali accorsi ai ciclisti non visti in tempo dagli automobilisti ed anche del fatto che tanti ciclisti, in modo consapevole, non utilizzano i sistemi visivi attivi e passivi previsti dalla normativa.

Gli inserti catarifrangenti rossi applicati sulle forcelle posteriori e gli inserti gialli applicati alle pedivelle in movimento rendono la bicicletta maggiormente cospicua al buio. Questa idea insiste sulla sicurezza passiva, evocando la cinematica della pedalata e la geometria della dinamica del veicolo in movimento. Non è movimento biologico come studiato dal gruppo di J.M.Wood, ma vuole essere un'idea passiva che non obblighi il ciclista a ricordarsi qualcosa, ma sia già intrinseco alla bicicletta, applicato in modo definitivo ed utilizzabile in modo auto esplicante per almeno 7 anni di garanzia degli inserti catarifrangenti ECE ONU 104.

Lo studio della cinematica della pedalata, mediante l'applicazione di inserti catarifrangenti gialli sulle pedivelle, la quale evoca la geometria della bicicletta e la sua dinamica, non è mai stato realizzato in letteratura.

Anche se il riconoscimento cognitivo avviene successivamente alla detezione, ritengo sia un'idea importante per prevenire incidenti stradali e rendere i ciclisti maggiormente cospicui al buio.

Si auspica una normativa che provveda a realizzare l'obbligo per le biciclette nuove immesse sul mercato, prodotte dalla fabbrica già con una vernice che contenga il materiale retroriflettente, ossia i microprismi realizzati con una resina sintetica, i quali hanno la proprietà di riflettere la luce che viene proiettata verso di loro dai fari dei veicoli. Qualora non fosse possibile verniciare l'intero telaio, almeno le pedivelle e le forcelle, al fine di rendere cospicui i ciclisti nel buio; sappiamo, come si desume dalla cronaca che, purtroppo, tra i ciclisti vi sono soggetti che pedalano anche contro mano e contro il senso di marcia nei sensi unici di circolazione, ciò può costituire un ulteriore pericolo.

Riguardo alle biciclette già sul mercato è desiderio che si realizzino campagne di educazione e sicurezza stradale mediante l'utilizzo di Associazioni e Polizie Locali, al fine di realizzare controlli ed invitare i ciclisti all'applicazione di inserti retroriflettenti gialli sulle pedivelle e rossi sulle forcelle allo scopo di renderli maggiormente visibili nella cinematica della pedalata: questi inserti catarifrangenti, è bene ribadirlo, sono **di complemento** e non in alternativa o in sostituzione ai dispositivi previsti dal Codice della strada. Questi inserti renderebbero i ciclisti maggiormente visibili. Si ricorda che il movimento biologico, anch'esso molto visibile ai conducenti, necessita della capacità di acquistare il materiale e ricordare di indossarlo, mentre la sicurezza passiva, invece, una volta inserita sulla bicicletta è definitiva e si esplicita in automatico senza bisogno che il ciclista attui accorgimenti particolari, è auto esplicante.

L'applicazione di inserti catarifrangenti alle forcelle e alle pedivelle non dovrebbe costituire un pretesto a non utilizzare i dispositivi previsti dalla normativa, ma solo integrarli e rendersi utili qualora, per caso fortuito o forza maggiore, venissero a mancare e/o non funzionare, aumentando la cospicuità del ciclista ed evitando un incidente stradale. Sarebbe opportuna la realizzazione di una grande campagna di sicurezza stradale nazionale per i ciclisti al fine di incentivare l'uso dei dispositivi visivi previsti dalla legge ed anche l'ausilio di inserti catarifrangenti applicati in modo permanente alla bicicletta, in particolare sulle forcelle posteriori di colore rosso e sulle pedivelle di colore giallo.

LIMITE dello studio: campione limitato. Sarebbe opportuno ampliare la ricerca con numerosi *drivers*, di varie età, in particolare indagare la *detection* nei neo patentati e

negli *old drivers* al fine di realizzare eventuali campagne di sicurezza mirate. Inoltre verificare se esistano differenze tra popolazioni provenienti da contesti culturali e geografici molto lontani ed abituati a guidare in luoghi diversi dai nostri con *setting* ed infrastrutture spesso molto differenti.

## Bibliografia

Alferdink, J.W.A.M., Padmos, P. (1990). TNO-report IZF 1990 C-21/E, Conspicuity of fluorescent colours for safety garments – a literature review, *TNO Institute for Perception, Soesterberg*, The Netherlands, 1990.

Allen, M. J., Hazlett, R. D., Tacker, H. L., Graham, B. V. (1970). Actual pedestrian visibility and the pedestrian's estimate of his own visibility. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, 47, 44–49.

Amaldi, U. (2004). *L'Amaldi: introduzione alla fisica*, Bologna: Zanichelli.

Andersen, L.B., Schnor, P., Schroll, M., Hein, H.O. (2000). All-cause mortality associated with physical activity during leisure time, work, sports and cycling to work. *Archives of Internal Medicine* 160, 1621–1628.

ASTM D4956, ASTM, West Conshohocken, PA.

Ayers, T. J., Schmidt, R. A., Steele, B. D., Bayan, F. P. (1995). Visibility and judgment in car-truck night accidents. In D. W. Pratt (Ed.), *Safety engineering and risk analysis* 43–50. New York: *The American Society of Mechanical Engineers*.

Baker, M.R., Mollon, J.D. (1993). *Die Farbe* 39, 25-35.

Balk, S.A., Graving, J.S., Chanko, R.G., Tyrrell, R.A., (2007). Effects of retroreflector placement on the nighttime conspicuity of pedestrians: an open-road study. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*.

Balk, S.A., Tyrrell, R.A., Brooks, J.O., Carpenter, T.L. (2008). Highlighting human form and motion information enhances conspicuity of pedestrians at night *Perception* 37, 1276-1284.

Bassili, J.N. (1978). Facial Motion in the Perception of Faces and Emotional Expression, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performances*, 4, 373-379.

Bingham, G.P. (1987). Kinematic Form and scaling: Further Investigations on the Visual Perception of lifted Weight, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 155-177.

Bingham, G.P. (1993). Scaling Judgements of lifted Weight: Lifter Size and the Role of the Standard, *Ecological Psychology*, 5, 31-64.

Basford, L., Reid, S., Lester, T., Thomson, J., Tolmie, A. (2002). Drivers' Perceptions of Cyclists. *Transport Research Laboratory*, Wokingham, UK (TRL Report 549).

- Blake, R., (1993). Cats perceive Biological Motion, *Psychological Science*, 4, 54-57.
- Blomberg R. D., Hale, A., Preusser, D.F. (1986). Experimental evaluation of alternative conspicuity-enhancement techniques for pedestrians and bicyclists. *Journal of Safety Research*, 17, 1–12.
- Brems, C., Munch, K. (2008). Risiko i trafikken 2000-2007. DTU Transport, Danmarks Tekniske Universitet. British Medical Association (1992). *Cycling: Towards Health and Safety*. Wiley-Blackwell
- Burger, W. J., Mulholland, M. U., Smith, R. L. (1985). Improved commercial vehicle conspicuity and signaling systems: Task III - field test evaluation of vehicle reflectorization effectiveness. (NHTSA Final Report No. DOT HS 806 923). Santa Monica, CA: Vector Enterprises, Inc.
- Burger, W.J., Smith, R.L., Ziedman, K., Mulholland, M.U., Bardales, M.C., Sharkey, T.J. (1981). Improved commercial vehicle conspicuity and signalling systems; Task I: Accident analysis and functional requirements. (NHTSA Final Report No. DOT HS 806 100). Santa Monica, CA: Vector Enterprises, Inc.
- Burns, D.M, e Johnson, N.L., (1997). *Di Farbe*, 43, 185-203.
- Burns, D.M, Johnson, N.L. (1999). Metrology of fluorescent retroreflective materials and its relationship to their daytime visibility, in *Analytica Chimica Acta*, 380, 211-226.
- Burns, D.M, Johnson, N.L, Pavelka, L.A. (1995). *Color Res. Appl.* 20 (2) 93-107.
- Carlson, N.R., (2007). *Psychology: the science of behavior*, 6th Edition by Carlson, Neil R.; Heth, Donald C., Miller, Harold; Donahoe, John W.; Buskist, William; Martin, Neil G.; published by Pearson Education, Inc, publishing as Allyn & Bacon. Edizione italiana *Psicologia la scienza del comportamento* edizione italiana condotta sulla VI di lingua inglese, Padova: Piccin 2008, Cap. 6
- Chapman, C., Musselwhite, C.B.A. (2011). Equine road user safety: public attitudes, understandings and beliefs from a qualitative study in the United Kingdom. *Accident Analysis and Prevention* 43, 2173–2181.
- Chapman, J.R., Noyce, D.A. (2012). Observations of driver behavior during overtaking of bicycles on rural roads. *Transportation Research Record* 2321, 38–45.
- Chatterjee, S.H., Freyd, J.J., Shiffrar, M. (1996). Configurational processing in the Perception of Apparent Biological Motion, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22 (4), 916-929.
- Chuang, K.-H., Hsu, C.-C., Lai, C.-H., Doong, J.-L., Jeng, M.-C. (2013). The use of a quasinnaturalistic riding method to investigate bicyclists' behaviors when motorists pass. *Accident Analysis and Prevention* 56, 32–41.

CIE Publication N. 39.2, (1983). Recommendation for Surface Colours for Visual Signalling, *CIE Central Bureau*, Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, Austria.

CIE Publication N. 74 (1988).Roadsigns, *CIE Central Bureau*, Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, Austria.

CIE Publication N. 85 (1989). Technical Report: Solar Spectral Irradiance, first edn., *CIE Central Bureau*, Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, Austria.

Coon, D. e Matter, J.O. (2011) *Introduction to Psychology: Gateway sto Mind and Behavior*, XII edizione (trad.it. Psicologia generale, Novara: Utet), Cap. 3.

Curnow, W.J. (2008). Bicycle helmets and public health in Australia. *Health Promotion Journal of Australia* 19, 10–15.

Daley, M., Rissel, C., Lloyd, B. (2007). All dressed up and nowhere to go? A qualitative research study of the barriers and enablers to cycling in inner Sydney. *Road and Transport Research*, 16, 42–52.

Davies, G.M. (2009). Estimating the speed of vehicles: the influence of stereotypes. *Psychology, Crime & Law* 15, 293–312.

Decreto legislativo 30/4/1992 n. 285 (S.O. 18/5/1992 n. 114) Nuovo codice della strada

Decreto Presidente della Repubblica 16/12/1992 n. 495 (S.O. 28/12/1992 n. 303) Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada

De Craen, S., Doumen, M.J.A., van Norden, Y. (2014). A different perspective on conspicuity related motorcycle crashes, in *Accident Analysis and Prevention*, 63, 133-137.

Dittrich, W.H. (1990). Das Erkennen von Emotionen aus Ausdrucksbewegungen des Gesichts, *Psychologische Beitrage*, 3 / 4.

Dittrich, W.H. (1993). Action Categories and the Perception of Biological Motion, *Perception*, 22 (1) 15-22.

Dittrich, W.H., Lea S.E. (1994). Visual Perception of Intentional Motion, “*Perception*”, 23 (3), 253-268.

Dittrich, W.H., Troscianko, T., Lea, S.E., Morgan, D. (1996). Perception of Emotion from Dynamic Point-light Displays represented in Dance, “*Perception*”, 25 (6) 727-738.

Dora, C. (1999). A different route to health: Implications of transport policies. *British Medical Journal*, 318(7199), 1686–1689.

- Donaldson, R. e British, J. (1954). *Appl.Phys.* 5, 210-214.
- Ehrenstein, W.H. (1999). *Fondamenti di percezione visiva del movimento* in F. Purghè, N. Stucchi e A. Olivero (a cura di), *La percezione visiva*, Torino: Utet Cap. 19 (592-608).
- Elvik, R. (1996). A meta-analysis of studies concerning the safety effects of daytime running lights on car. *Accident Analysis and prevention*, vol 28. Elsevier Science, 685-694.
- Elvik, R., Høyve, A., Vaa, T., Sørensen, M. (2009). *Handbook of Road Safety Measures, second ed.* Emerald Group Publishing Limited.
- Evans, R.M. (1972). *J. Color Appearance* 1(4) 4.
- Ezzati, M., Lopez, A., Rodgers, A., Murray, C. (2004). Eds. Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. *Geneva: World Health Organization.*
- Federal Motor Carrier Safety Administration (2001). FMCSA's Conspicuity Requirements for Commercial Motor Vehicles (*Report No. DOT-MC-01-129*). Washington, DC: Federal Motor Carrier Safety Administration.
- Florida Department of Transportation (2011). Operational and Safety Impacts of Restriping Inside Lanes of Urban Multilane Curbed Roadways to 11 Feet or Less to Create Wider Outside Curb Lanes for Bicyclists (*Report BDK82 977-01*).
- Fyhri, A., Bjornskau, T., Backer-Grondahl, A. (2012). Bicycle helmets – a case of risk compensation? *Transportation Research Part F* 15, 612–624.
- Gale, A.G., Cairney, P.T., (1998). The conspicuity of bicycle lighting under on-road conditions. In: *Proceedings of the Vision in Vehicles Conference*, Oxford.
- Garrard, J., Greaves, S., Ellison, A. (2010). Cycling injuries in Australia: road safety's blind spot? *Journal of the Australasian College of Road Safety* 21, 37–43.
- Gatersleben, B., Haddad, H. (2010). Who is the typical bicyclist? *Transportation Research Part F* 13, 41–48.
- Gish, K. W., Shoulson, M., Perel, M. (2002). Driver behavior and performance using an infrared night vision enhancement system. *Presented at the 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.*
- Graving, J.S., Tyrrell, R.A., Balk, S.A. (2009). Quantifying the subjective brightness of retroreflective material using magnitude estimations, *Proc. Of the Fifth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design (Montana)*, 377-383.



- Green, P., Kubaki, M., Olson, P. L., Sivak, M. (1979). Accidents and the nighttime conspicuity of trucks. (Technical Report No. UM-HSRI-79-92). *Ann Arbor, MI: University of Michigan Highway Safety Research Institute.*
- Guthrie, N., Davies, D.G., Gardner, G. (2001). Cyclists' Assessments of Road and Traffic Conditions: The Development of a Cyclability Index. *Transport Research Laboratory, Wokingham, UK (TRL Report 420).*
- Hagel, B.E., Lamy, A., Rizkallah, J.W., Belton, K.L., Jhangri, G.S., Cherry, N., Rowe, B.H., (2007). The prevalence and reliability of visibility aid and other risk factor data for uninjured cyclists and pedestrians in Edmonton, Alberta. Canada. *Accident Analysis & Prevention* 39, 284–289.
- Hagel, B.E., Romanow, N.T.R., Enns, N., Williamson, J., Rowe, B.H. (2015). Severe bicycling injury risk factors in children and adolescent: A case-control study, in *Accident Analysis and prevention* 78, 165-172.
- Hagel, B.E., Romanow, N.T.R., Morgunov, N., Embree, T., Couperthwaite, A.B., Voaklander, D., Rowe, B.H. (2014). The relationship between visibility aid use and motor vehicle related incurie among bicyclists presenting to emergency departments, in *Accident Analysis and Prevention* 65, 85-96.
- Hamer, M., Chida, Y. (2008). *Active commuting and cardiovascular risk: A meta-analytic review.* Preventive Medicine, 46, 9–13
- Hansen, L.K. (1993). Kørellys i Danmark – Effektvurdering af påbudt kørellys i dagtimerne. Notat 2/1993, *Rådet for Trafiksikkerhedsforskning.*
- Hansen, L.K., (1995). Kørellys – Effektvurdering baseret på uheldstal efter knap 3 årserfaring med kørellys. *Arbejdsrapport 1/1995, Rådet for Trafiksikkerhedsforskning.*
- Heesch, K.C., Garrard, J., Sahlqvist, S. (2011). Incidence, severity and correlates of bicycling injuries in a sample of cyclists in Queensland, Australia. *Accident Analysis & Prevention* 43 (6), 2085–2092.
- Henley, G., Harrison, J. (2009). Serious injury due to land transport accidents, *Australia 2006–07. No. 53. Cat. No. INJCAT 129.*
- Herslund, M.B., Jorgensen, N.O. (2003). Looked-but-failed-to-see-errors in traffic. *Accident Analysis & Prevention* 35, 885–891.
- Hoque. M. (1990), An analysis of fatal bicycle accidents in Victoria (Australia) with a special reference to night time accidents. *Accident Analysis & Prevention* 22 (1), 1–11.
- International Standard ISO 6742/2 (1985). Cycles – Lighting and retro-reflective devices – Photometric and physical requirements – *Part 2: Retro-reflective devices. Second Edition – 1985 -07-05.*

- Jacobsen, P. L., Racioppi, F., Rutter, H. (2009). Who owns the roads? How motorised traffic discourages walking and bicycling. *Injury Prevention*, 15, 369–373.
- Jaermark, S., Gregersen, N. P., Linderoth, B. (1991). The use of bicycle lights: *TFB & VTI Forskning/Research*.
- Jensen, M. (1999). Passion and heart in transport – a sociological analysis on transport behaviour. *Transport Policy* 6, 19–33.
- Johansson, G. (1950). Configurations in Event Perception, *Almqvist & Wiksell*, Uppsala
- Johansson, G. (1964). Perception of Motion and changing Form, “*Scandinavian Journal of Psychology*”, 5, 181-208.
- Johansson, G. (1973). Visual Perception of Biological Motion and a Model for its Analysis, “*Perception and Psychophysics*”, 14, 201-211.
- Johansson, G. (1975). Visual Motion Perception, “*Scientific American*”, 232, 76-88.
- Johansson, G. (1976). *Spatio-Temporal Differentiation and Integration in Visual Perception*, “*Psychological Research*”, 38, 379-393.
- Johansson, G., Hofsten, C., Jansson, G. (1980). Event Perception, “*Annual Review of Psychology*”, 31, 27-63.
- Johansson, G. J., Rumar, K. (1968). Visible distances and safe approach speeds for night driving. *Ergonomics*, 11, 275– 282.
- Johnson, N.L. e Burns, D.M. (1997). *Proceedings of the 8th Congress of the International Clour Association*, Kyoto, 375-378.
- Joshi, M.S., Senior, V., Smith, G.P. (2001). A diary study of the risk perceptions of road users. *Health, Risk & Society* 3, 261–279.
- Kim, J-K., Kim, S., Ulfarsson, G.F., Porello, L.A., (2007). Bicyclist injury severities in bicycle–motor vehicle accidents. *Accident Analysis and Prevention* 39, 238–251.
- King, M.J., Wood, J.M., Lacherez, P.F., Marszalek, R.P. (2012). Optimism about safety and group-serving interpretations of safety among pedestrians and cyclists in relation to road use in general and under low light conditions. *Accident Analysis and Prevention*, 44, 154–159.
- Kozlowski, L.T., Cutting, J.E. (1977). Recognizing the Sex of a Walker from a Dynamic Point-light Display, “*Perception and Psychophysics*”, 21, 575-580.

- Kozlowski, L.T., Cutting, J.E. (1978). Recognizing the Gender of Walkers from point-lights mounted on Ankles: Some second Thoughts, *“Perception and Psychophysics”*, 23, 459.
- Kwan, I., Mapstone, J., Roberts, I. (2002). Interventions for increasing pedestrian and cyclist visibility for the prevention of death and injuries (Cochrane Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online: Update Software) (2)*, CD003438.
- Kwan, I., Mapstone, J. (2004). Visibility aids for pedestrians and cyclists: a systematic review of randomised controller trials, in *Accident Analysis and Prevention 36*, 305-312.
- Lacherez, P., Wood, J.M., Marszalek, R.P., King, M.J. (2013). Visibility-related characteristics of crashes involving bicyclists and motor vehicles – Responses from an online questionnaire study, in *Transportation Research Part F 20*, 52-58.
- Langham, M.P., Moberly, N.J. (2003). Pedestrian conspicuity research: A review. *Ergonomics*, 46, 345– 363.
- Lee, A.E., Underwood, S., Handy, S. (2015). Crashes and other safety-related incidents in the formation of attitudes toward bicycling, in *Transportation Research Part F 28*, 14-24.
- Leibowitz, H. W., Owens, D. A., Tyrrell, R. A. (1998). The Assured Clear Distance Ahead Rule: Implications for nighttime traffic safety and the law. *Accident Analysis and Prevention*, 30(1), 93– 99.
- Love, D.C., Breaud, A., Burns, S., Margulies, J., Romano, M., Lawrence, R. (2012). Is the three-foot bicycle passing law working in Baltimore, Maryland? *Accident Analysis and Prevention 48*, 451–456.
- Luoma, J., Penttinen, M. (1998). *Effects of experience with retroreflectors on recognition of nighttime pedestrians: Comparison of driver performance in Finland and Michigan*. Transportation Research. Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 1F, 47–58.
- Luoma, J., Schumann, J., Traube, E. C. (1996). Effects of retroreflector positioning on nighttime recognition of pedestrians. *Accident Analysis and Prevention*, 28, 377–383.
- Luse, K., Pausus, A., Karitans, V., Ozolins, M., Tukisa, M. (2011). Evaluation of retro-reflective coating performance by reflectance and perceived relative brightness measurements, in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 23*, 012005
- MacArthur, L.Z., Baron, M.K. (1983). Toward an Ecological Theory of Social Perception, *“Psychological Review”*, 90, 215-238.

- McCarthy, M., Gilbert, K. (1996). Cyclist road deaths in London 1985–1992: drivers, vehicles, manoeuvres and injuries. *Accident Analysis and Prevention* 28, 275–279.
- Madsen, J.C.O., Andersen, T., Lahrmann, H.S. (2013). Safety effects of permanent running light for bicycles: A controlled experiment, in *Accident Analysis and prevention* 50, 820-829.
- McGarty, C., Yzerbyt, V.Y., Spears, R. (2002). Social, cultural and cognitive factors in stereotype formation. In: McGarty, C., Yzerbyt, V.Y., Spears, R. (Eds.), *Stereotypes as Explanations*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Madsen, J.C.O. (2005). Skadesgradsbaseret sortpletudpegning – Fra Crash Prevention til Loss Reduction i de danske vejbestyrelses trafiksikkerhedsarbejde. Ph.d.-afhandling, *Trafikforskningsgruppen, Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitet*.
- Mather, G., Radford, K., West S. (1992). Low-level processing of Biological Motion, “*Proceeding of the Royal Society of London*” B, B-249, 149-155.
- Mather, G., West, S. (1993). Recognition of Animal Locomotion from Dynamic point light Displays, “*Perception*”, 22, 759-776.
- Metzger, W. (1930). Optische Untersuchungen am Ganzfeld: II. Zur Phenomenologie des homogenen Ganzfelds, “*Psychologische Forschung*“, 13, 6-29.
- Michotte, A. (1946). La Perception de la causalité, *Publ. Universitaires de Louvain.*, Louvain.
- Minahan, D. J., O'Day, J. (1977). Car-truck fatal accidents in Michigan and Texas. (Technical Report No. UM-HSRI-77-49). *Ann Arbor, MI: Highway Safety Research Institute*.
- Morgan, C. (2001). The effectiveness of retroreflective tape on heavy trailers. (NHTSA Technical Report No. DOT HS 809 222). *Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration*.
- Morrison, D. S., Petticrew, M., Thomson, H. (2003). What are the most effective ways of improving population health through transport interventions? Evidence from systematic reviews. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(5), 327–333.
- Mortimer, R.G., Olson, P.L. (1974). Evaluation of meeting beams by field tests and computer simulation Report No. UM-HSRI-HF-74-27. *Ann Arbor, MI: The Highway Safety Research Institute*.
- Murray, C.J.L., Lopez, A.D. (1996). *Global Health Statistics: A Compendium of Incidence, Prevalence and Mortality Estimates for Over 200 Conditions*. Harvard University Press, Boston.

- Musatti, C.L. (1924). Sui fenomeni stereo cinetici, “*Archivio Italiano di Psicologia*”, 3, 105-120.
- Musselwhite, C., Avineri, E., Susilo, Y., Fulcher, E., Bhattachary, D., Hunter, A., Stockley, R. (2010). Understanding Public Attitudes to Road Safety. *Department for Transport, London (Road Safety Research Report 111)*.
- National Highway Traffic Safety Administration [NHTSA] (2003). *Traffic Safety Facts 2001: Pedestrians*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation. Available:<http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd-30/CSA/TSF2001/2001pedestrian.pdf>
- Norma EN ISO 20471 Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 28/6/2013
- Odero, W., Garner, P., Zwi, A. (1997). Road traffic injuries in developing countries: a comprehensive review of epidemiological studies. *Tropical Med. Int. Health* 2 (5), 450–460.
- Olson, P. L., Sivak, M. (1983). Comparison of headlight visibility distance and stopping distance. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 1177–1178.
- Oram, M.W., Perrett, D.I. (1994). Responses of Anterior Superior Temporal Polysensory (STPa) Neurons to “Biological Motion” Stimuli, “*Journal of Cognitive Neuroscience*”, 6 (2) 99-116.
- Owens, D.A., Sivak, M. (1993). The role of reduced visibility in nighttime road fatalities Report UMTRI-93-33. Ann Arbor, MI7 *The University of Michigan Transportation Research Institute*.
- Owens, D. A., Sivak, M. (1996). Differentiation of visibility and alcohol as contributors to twilight road fatalities. *Human Factors*, 38, 680–689.
- Owens, D. A., Antonoff, R. J., Francis, E. L. (1994). Biological motion and nighttime pedestrian conspicuity. *Human Factors*, 36, 718– 732.
- Pai, C.-W. (2011). Overtaking, rear-end, and door crashes involving bicycles: an empirical investigation. *Accident Analysis and Prevention* 43, 1228–1235.
- Parkin, J., Wardman, M., Page, M. (2007). Models of perceived cycling risk and route acceptability. *Accident Analysis and Prevention* 39, 364–371.
- Parkin, J., Meyers, C. (2010). The effect of cycle lanes on the proximity between motor traffic and cycle traffic. *Accident Analysis and Prevention* 42, 159–165.
- Paulos, R.G., Hatfield, J., Rissel, C., Flack, L.K., Murphy, S., Grzebieta, R. (2015). Characteristics, cycling patterns, and crash and injury experiences at baseline of a color

of transport and recreational cyclists in New South Wales, Australia, in *Accident Analysis and Prevention* 78, 155-164.

Poizner, H., Bellugi, U., Lutes-Driscoll, V. (1981). Perception of American Sign Language in Dynamic Point-light display, "*Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*", 7 (2) 430- 440.

Product Bulletin 983, June 2009, 3M Diamond Grade <sup>TM</sup> Conspicuity Markings Series 983, [www.3M.com/tss](http://www.3M.com/tss)

Pucher, J., Buehler, R. (2008). Making cycling irresistible: lessons from the Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews* 28, 495–528.

Pucher, J., Komanoff, C., Schimek, P. (1999). Bicycling renaissance in North America? Recent trends and alternative policies to promote bicycling. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 33(7–8), 625–654

Rapporto Dekra Automobil GmbH Germania (2011).

Räsänen, M., Summala, H., (1998). Attention and expectation problems in bicycle-car collisions: an in-depth study. *Accident Analysis & Prevention* 30, 657–666.

Regulation Agreement ECE/ONU 104, Ginevra 15/1/1998.

Roper, V. J., Howard, E. A. (1938). Seeing with motor car headlamps. *Transactions of the Illuminating Engineering Society*, 30, 417– 438.

Rowe, B. H., Rowe, A. M., Bota, G. W. (1995). Bicyclist and environmental factors associated with fatal bicycle-related trauma in Ontario. *Canadian Medical Association Journal*, 152, 45–53.

Rumar, K., (1990). The basic driver error: late detection. *Ergonomics* 32 (10–11), 1281–1290.

Runeson, S. (1974). Constant Velocity: Not perceived as such, "*Psychological Research*", 37, 3-23.

Runeson, S. (1994). Perception of Biological Motion: The KSD-Principle and the Implications of a Distal versus Proximal Approach, in G. Jansson, S.S. Begström, W. Epstein (a cura di), *Perceiving Events and Objects*, 383-405, Erlbaum, Hillsdale, New Jersey.

Runeson, S. Frykholm, G. (1981). Visual Perception of lifted weight, "*Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*", 7, 733-740.

Runeson, S. Frykholm, G. (1983). Kinematic Specification of Dynamics as an Informational Basis for Person- and- action Perception: Expectation, Gender

- Recognition, and Deceptive Intention, “*Journal of Experimental psychology: General*”, 112, 585-615.
- Schanda, J. (2007). “3: CIE Colorimetry”. *Colorimetry: Understanding the CIE System*. Wiley Interscience 37–46.
- Shiffrar, M. Freyd, J.J. (1990). Apparent Motion of the Human Body, “*Psychological Science*”, 1, 257-264.
- Shiffrar, M. Freyd, J.J. (1993). Timing and Apparent Motionpath Choice with Human Body Photographs, “*Psychological Science*”, 4, 379-384.
- Shiffrar, M., Lichtheim, L., Heptulla Chatterjee, S. (1997). The Perception of Biological Motion across Apertures, “*Perception and Psychophysics*”, 59 (1) 51-59.
- Shinar, D. (1984). Actual versus estimated nighttime pedestrian visibility. *Ergonomics*, 27, 863–871.
- Siegel, R.M. Andersen, R.A. (1988). Perception of three-Dimensional Structure from Motion in Monkey and Man, “*Nature*”, 331, 259-261.
- Siegel, R.M. Andersen, R.A. (1990). The Perception of Structure from Visual Motion in Monkey and Man, “*Journal of Cognitive Neuroscience*”, 2, 306-319.
- Sikic, M., Mikocka-Walus, A.A., Gabbe, B.J., McDermott, F.T., Cameron, P.A., (2009). Bicycling injuries and mortality in Victoria, 2001–2006. *Medical Journal of Australia* 190 (7), 353–356.
- Steriu, M. (2012). Raising the Bar: Review of Cycling Safety Policies in the European Union. *European Transport Safety Council (ETSC)*, Brussels.
- Stone, M., Broughton, J. (2003). Getting off your bike: cycling accidents in Great Britain in 1990–1999. *Accident Analysis and Prevention* 35, 549–556.
- Stucchi, N., Olivero, A. (1999). *La percezione del movimento biologico* in F. Purgè, N. Stucchi e A. Olivero (a cura di), *La percezione visiva*, Torino: Utet Cap. 21, 633-652.
- Thornley, S.J., Woodward, A., Langley, J.D., Ameratuga, S.N., Rodgers, A. (2008). Conspicuity and bicycle crashes: preliminary findings of the Taupo Bicycle Study, in *Injury Prevention*; 14, 11-18
- Spillmann, L., Ehrenstein, W.H. (1996). *From Neuron to Gestalt: Mechanisms of Visual Perception*, in R. Greger, U. Windhorst (a cura di), *Comprehensive Human Physiology*, Vol. I, 861-893, Springer-Verlag, Berlin

Sullivan, J. M. (2005). *Further evidence on the nighttime visibility of trucks*. (Technical Report No. No. UMTRI-2005-22). Ann Arbor, MI: The University of Michigan Transportation Research Institute.

Sullivan, J. M., Flannagan, M. J. (2002). The role of ambient light levels in fatal crashes: Inferences from daylight saving time transitions. *Accident Analysis and Prevention*, 34, 487–498.

Sullivan, J.M., Flannagan, M.J. (2012). Heavy truck, conspicuity treatment, and the decline of collision risk in darkness, in *Journal of Safety Research* 43, 157-161.

Thomson, G.A. (1980). The role frontal motorcycle conspicuity has in road accidents. *Accident Analysis and Prevention*, vol. 12. Pergamon Press, 65–178.

Thornley S.J., Woodward A., Langley J.D., Ameratuga S.N. e Rodgers A. (2008) Conspicuity and bicycle crashes: preliminary findings of the Taupo Bicycle Study, in *Injury Prevention*; 14, 11-18

Tin, T.S., Woodward, A., Ameratuga, S. (2013). Incidence, risk, and protective factors of bicycle crashes: Findings from a prospective color study in New Zealand, in *Prevention Medicine* 57, 152-161.

Tuxworth, W., Nevill, A.M., White, C., Jenkins, C. (1986). Health, fitness, physical activity and morbidity of middle aged male factory workers. *British Journal of Industrial Medicine* 43, 733–753.

Twisk, D.A.M., Reurings, M. (2013). An epidemiological study of the risk of cycling in the dark: The role of visual perception, conspicuity and alcohol use, in *Accident analysis and prevention* 60, 134-140.

Tyrrell, R. A., Patton, C. W., Brooks, J. O. (2004). Educational interventions successfully reduce pedestrians' overestimates of their own nighttime visibility. *Human Factors*, 46, 170– 182.

Tyrrell, R.A., Wood, J.M., Carberry, T.P. (2004). On-road measures of pedestrians' estimates of their own nighttime conspicuity, in *Journal of Safety Research* 35, 483-490.

Tyrrell, R.A., Wood, J.M., Carberry, T.P. (2004b). On-road measures of pedestrians' estimates of their own nighttime conspicuity. *Journal of Safety Research* 35 (5), 483–490.

Tyrrell, R.A., Wood, J.M., Chaparro, A., Carberry, T.P., Chu, B.S., Marszalek, R.P. (2009). Seeing pedestrians at night: visual clutter does not mask biological motion. *Accident Analysis & Prevention* 41 (3), 506–512.

Ullman, S., (1979). *The Interpretation of Visual Motion*, MIT Press, Cambridge, M.A.



- Vallortigara, G. (1999). *Il movimento biologico e la percezione della struttura del movimento* in F. Purghè, N. Stucchi e A. Olivero (a cura di), *La percezione visiva*, Torino: Utet *Cap. 7*, 223-225.
- Viviani, P. (1990). *Eye Movements in Visual search: Cognitive, Perceptual and Motor Control Aspects*, in E. Kowler (a cura di), *Eye Movements and their Role in Visual and Cognitive Processes. Reviews of Oculomotor Research, Vol. 4*, 353-394, Elsevier, Amsterdam, New York, Oxford.
- Viviani, P. (1994). *Les habilités motrices*, in M.N. Richelle, J. Requin, M. Robert (a cura di), *Traité de psychologie expérimentale*, P.U.F., Paris
- Viviani, P., Stucchi, N. (1989). The Effect of Movement Velocity on Form Perception: Geometric Illusions in Dynamic Displays, “*Perception and Psychophysics*”, *46*, 266-274.
- Viviani, P., Stucchi, N., (1992b). Motor-Perceptual Interactions, in J. Requin, G. Stelmach (a cura di), *Tutorials in Motor Behavior II*, 229-248, Elsevier, Amsterdam.
- Wallach, H., O’Connell, D.N. (1953). The Kinetic Depth Effect, “*Journal of Experimental Psychology*”, *45*, 205-217.
- Walker, I. (2007). Drivers overtaking bicyclists: objective data on the effects of riding position, helmet use, vehicle type and apparent gender. *Accident Analysis and Prevention* *39*, 417–425.
- Walker, I., Garrard, I., Jowitt, F. (2014). The influence of bicycle commuter’s appearance on drivers’ overtaking proximities: An on-road test of bicyclist stereotypes, high-visibility clothing and safety aids in the United Kingdom, in *Accident Analysis and prevention* *64*, 69-77.
- Watson, L., Cameron, M. (2006). Bicycle and motorvehicle crash characteristics. Melbourne: Monash University *Accident Research Centre Report Number 251*.
- Wegman, F., Zhang, F., Dijkstra, A. (2012). How to make more cycling good for road safety? *Accident Analysis & Prevention* *44*, 19–29.
- Williams, J.G. (1988). Perception of a throwing Action from point-light Demonstrations, “*Perceptual and Motor Skills*”, *67* (1) 273-274.
- Williams, M.J., Hoffmann, E.R. (1979). Motorcycle conspicuity and traffic accidents. *Accident Analysis and Prevention, vol. 11*. Pergamon Press, 209–224.
- Wood, J.M., Chaparro, A., Hickson, L. (2009a). Interaction between visual status, driver age and distracters on daytime driving performance. *Vision Research* *49* (17), 2225–2231.

Wood, J.M., Lacherez, P.F., Marszalek, R.P., King, M.J. (2009b). Drivers' and cyclists' experiences of sharing the road: incidents, attitudes and perceptions of visibility. *Accident Analysis & Prevention* 41 (4), 772–776.

Wood, J.M., Tyrrell, R.A., Carberry, T.P., (2005). Limitations in drivers' ability to recognize pedestrians at night. *Human Factors* 47 (3), 644–653.

Wood, J.M., Tyrrell, R., Marszalek, R., Lacherez, P., Carberry, T., Sun Chu, B. (2012). Using reflective clothing to enhance the conspicuity of bicyclist at night, in *Accident Analysis and prevention* 45, 726-730.

Wood, J.M., Tyrrell, R.A., Marszalek, R.P., Lacherez, P.F., Carberry, T.P., Chu, B.S., (2012). Using reflective clothing to enhance the conspicuity of bicyclists at night. *Accident Analysis and Prevention* 45, 726–730.

Wood, J.M., Tyrrell, R.A., Marszalek, R., Lacherez, P., Carberry, T. (2013). Bicyclist overestimate their own night-time conspicuity and under estimate the benefits of retroreflective markers on the moveable joint, in *Accident Analysis and Prevention* 55, 48-53.

World Health Organization (2013). *Quantifying the health benefits of cycling and walking*. <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/diseaseprevention/physical-activity/activities/quantifying-the-health-benefits-ofcycling-and-walking>.

Wulf, G., Hancock, P.A., Rahimi, M. (1989). Motorcycle conspicuity: an evaluation and synthesis of influential factors. *Journal of Safety Research* 20, 153–176.

Ziedman, K., Burger, W. J., Smith, R. L., Mulholland, M. U., Sharkey, T. J. (1981). Improved commercial vehicle conspicuity and signalling systems; *Task II: Analysis, experiments and design recommendations*. (NHTSA Final Report No. DOT HS 806 098). Santa Monica, CA: Vector Enterprises, Inc.

Zwahlen, H.T. e Schnell, T. (1997). Transportation Research Record N. 1605, *Transportation Research Board, National Academy Press*, Washington D.C., 28-40.

# Ringraziamenti

Desidero ringraziare:

- la mia relattrice Prof.ssa Francesca Pazzaglia
- il mio correlatore Prof. Marco Costa
- i Professori della Facoltà di Psicologia dell'Università di Padova
- i Professori della Facoltà di Psicologia dell'Università di Bologna, sede di Cesena
- l'Unità di ricerca di Psicologia del Traffico dell'Università Cattolica di Milano
- Arch. Paola Villani del Politecnico di Milano
- la Dr.ssa Maria Luigia Raineri, mia ex comandante di Polizia municipale

grazie di cuore a Tutti