



Regione Toscana

REGIONE TOSCANA

PR FESR 2021-2027 OP1 OS1 Azione 1.1.4 "Ricerca e sviluppo per le imprese anche in raggruppamento con organismi di ricerca"

Obiettivo Operativo I: Studio dello Stato dell'Arte

Parte II: Segnaletica Orizzontale e Verticale

Sommario

Sommario

1. Introduzione.....	2
2. Catalogazione della Segnaletica Stradale	3
Segnaletica Orizzontale.....	3
Categorie di segnali	4
Geometrie standard e dimensioni.....	13
Materiali impiegati	13
Segnaletica Verticale	16
Geometrie standard, dimensioni, colori e posizione.....	24
Materiali impiegati	27
3. Contributo della Segnaletica alla Sicurezza Stradale.....	28
4. Conclusioni	31
Bibliografia	32



Regione Toscana

1. Introduzione

La segnaletica stradale, orizzontale e verticale, rappresenta un elemento fondamentale per garantire la sicurezza e la corretta regolazione del traffico. Il suo principale obiettivo è fornire indicazioni chiare agli utenti della strada, contribuendo così a migliorare la fluidità della circolazione e a ridurre il tasso di incidentalità. Una segnaletica efficace deve essere ben visibile, duratura e comprensibile per tutti gli utenti della strada, poiché la qualità e la leggibilità di segnali e strisce influiscono direttamente sulla sicurezza: segnali sbiaditi, danneggiati o non conformi possono portare a errori di guida e incidenti. Per rispondere a queste esigenze, l'uso di materiali rifrangenti e l'adozione di tecniche avanzate di posa sono fattori essenziali, in quanto migliorano la visibilità e la durata nel tempo della segnaletica.

La normativa italiana, definita dal Codice della Strada (D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285) [1] e dal relativo Regolamento di esecuzione e attuazione (D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495) [2], stabilisce in modo dettagliato le caratteristiche, i requisiti e le modalità di impiego della segnaletica. Parallelamente, numerosi studi e linee guida internazionali hanno evidenziato la crescente importanza di una segnaletica chiara e ben mantenuta per la sicurezza stradale, non solo per gli utenti umani ma anche per il corretto funzionamento delle nuove tecnologie di guida assistita e autonoma, si vedano ad esempio [3] e [4].

In particolare, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (oggi Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili) ha pubblicato vari manuali e linee guida tecniche, tra cui il Manuale per la Segnaletica Stradale Temporanea [5] e le Linee guida per la gestione della segnaletica orizzontale e verticale [7], che stabiliscono criteri per la progettazione, l'installazione e il mantenimento dei segnali stradali. Nell'ambito del presente studio, si è pertanto deciso di analizzare la segnaletica orizzontale e verticale, soffermandosi sulle diverse tipologie, sui materiali impiegati, sulla durabilità e sul ruolo che tali aspetti rivestono per la sicurezza stradale.



Regione Toscana

2. Catalogazione della Segnaletica Stradale

I cartelli stradali svolgono un ruolo fondamentale nella regolamentazione del traffico e nella sicurezza stradale, fornendo indicazioni chiare e immediate agli utenti della strada. In generale, si distinguono due categorie principali: i segnali di pericolo e quelli di prescrizione. I primi avvertono i conducenti di possibili rischi lungo il percorso, mentre i secondi impongono obblighi, divieti o limitazioni da rispettare per garantire un corretto flusso del traffico. Oltre a queste categorie principali, esistono altri tipi di segnaletica, come quella di indicazione e quella complementare, che forniscono informazioni utili per l'orientamento e la guida. La conoscenza e il rispetto di questi segnali sono essenziali per una circolazione sicura ed efficiente sulle strade. [24].

Oltre ai cartelli stradali, un elemento fondamentale della segnaletica è la segnaletica orizzontale, costituita da strisce, simboli e scritte tracciate direttamente sulla superficie stradale. Questa tipologia di segnaletica ha il compito di regolare la circolazione, migliorare la sicurezza e fornire indicazioni utili ai conducenti e ai pedoni. Le linee di mezzzeria, le strisce di corsia, i passaggi pedonali e le frecce direzionali sono alcuni esempi comuni di segnaletica orizzontale, il cui rispetto è essenziale per mantenere un traffico ordinato e prevenire incidenti. In combinazione con i cartelli stradali, questa segnaletica contribuisce a rendere la guida più chiara e sicura per tutti gli utenti della strada (definizione tratta dall'articolo 40 del Codice della Strada Italiano [1]).

Nelle prossime sezioni si andranno ad analizzare le principali caratteristiche di questi tipi di segnaletica, i loro casi di uso, le forme con le quali vengono rappresentati e i principali materiali usualmente impiegati.

Segnaletica Orizzontale

La segnaletica orizzontale rappresenta un elemento fondamentale della regolamentazione stradale, contribuendo in modo significativo alla sicurezza e all'organizzazione del traffico. Essa si compone di linee, simboli e scritte tracciate direttamente sulla superficie stradale, con funzioni che vanno dalla delimitazione delle corsie alla regolazione delle precedenza, fino alla segnalazione di pericoli e indicazioni direzionali. Secondo il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti [7], una corretta gestione e manutenzione della segnaletica orizzontale è essenziale per garantire un ambiente stradale sicuro ed efficiente, soprattutto nelle aree ad alta densità di traffico.

L'importanza della segnaletica orizzontale è stata ampiamente studiata anche in ambito accademico. Asdrubali et al. [12], nell'ambito del CIVITAS Renaissance Project, hanno evidenziato come la qualità e la visibilità delle marcature stradali in aree urbane abbiano un impatto diretto sulla sicurezza dei conducenti e dei pedoni, riducendo il rischio di incidenti e migliorando la fluidità della circolazione. Inoltre, con l'evoluzione delle tecnologie per la guida



Regione Toscana

assistita e autonoma, la segnaletica orizzontale assume un ruolo ancora più strategico. Burghardt et al. [13] hanno analizzato l'interazione tra la segnaletica orizzontale e i sistemi di visione artificiale nei veicoli autonomi, sottolineando come la qualità della vernice, il contrasto con il manto stradale e la resistenza all'usura siano fattori chiave per una corretta interpretazione da parte sia dei conducenti umani che dei sistemi di guida automatizzata.

Alla luce di questi studi, è evidente che un'efficace segnaletica orizzontale non solo facilita la guida e migliora la sicurezza stradale, ma rappresenta anche un elemento chiave per l'integrazione delle nuove tecnologie di mobilità. Per questo motivo, diventa essenziale adottare standard uniformi, tecniche di tracciatura avanzate e materiali resistenti nel tempo, assicurando così una visibilità ottimale in qualsiasi condizione ambientale e di illuminazione.

Categorie di segnali

Di seguito verrà riportata una classificazione generale, ma dettagliata delle varie tipologie di segnali nell'ambito della segnaletica orizzontale, illustrandone le caratteristiche visive (le dimensioni, i colori, le forme, ecc.), i significati (obbligo, divieto, avvertenza, ecc.), i materiali impiegati per la loro realizzazione e le implicazioni che essi hanno nel prevenire l'usura e garantire una durata nel tempo.

Basandosi sul Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada [2], le principali categorie nelle quali è possibile suddividere questo tipo di segnali sono:

1. Linee longitudinali
2. Linee trasversali
3. Attraversamenti pedonali e ciclabili
4. Frecce direzionali
5. Simboli e scritte
6. Zebrature e isole di traffico
7. Parcheggi e corsie riservate

Si procederà dunque ad analizzare ciascuna di queste classi per definirne più nello specifico le caratteristiche usando come fonti il Codice della Strada Italiano [1], nello specifico l'articolo 40 dedicato alla segnaletica orizzontale e il Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo Codice della Strada [2] (di cui via via si farà riferimento agli opportuni articoli. Verrà inoltre riportato per ogni classe qualche esempio grafico di come si tali segnali si presentano su strada.

1. Linee longitudinali ([2: articolo 138]):

- **Linea continua:** Questa linea indica un limite invalicabile. I conducenti non possono oltrepassarla, né per effettuare sorpassi né per cambiare corsia. È utilizzata per separare i sensi di marcia opposti in situazioni dove il sorpasso è pericoloso, come curve, dossi o in prossimità di intersezioni.
- **Linea discontinua (o tratteggiata):** Questa linea delimita le corsie di marcia e può essere oltrepassata dai conducenti quando le condizioni di sicurezza lo permettono, ad esempio per effettuare un sorpasso o cambiare corsia. È comunemente impiegata per separare le corsie nello stesso senso di marcia.
- **Linea mista:** Composta da una linea continua affiancata a una discontinua, questa configurazione indica che il sorpasso è consentito solo per i veicoli che si trovano dal lato della linea discontinua, mentre è vietato per quelli sul lato della linea continua. Questa disposizione è spesso utilizzata in tratti dove la visibilità è limitata in una direzione, ma adeguata nell'altra.

La Figura 1 che segue riporta un insieme delle principali Linee trasversali con le dimensioni standard che possono avere a seconda del tipo di strada in cui vengono tracciate.

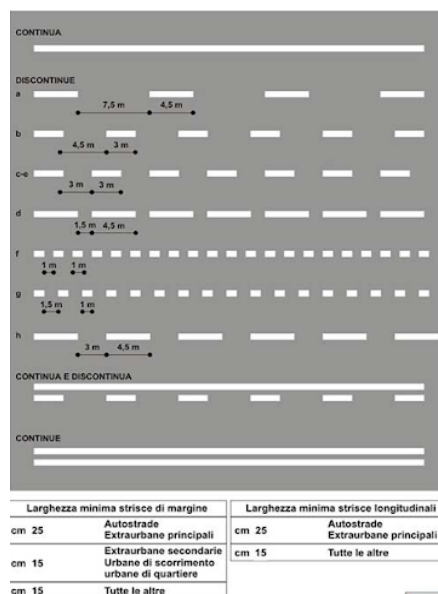


Figura 1: Fonte: <https://www.aniapedia.it/Extracted/@id=670.htm>

2. Linee trasversali:

- **Linea di dare precedenza:** Consiste in una serie di triangoli bianchi con la punta rivolta verso i veicoli che sopraggiungono, segnalando l'obbligo di rallentare e, se necessario, fermarsi per cedere il passo ai veicoli sulla strada principale. Questa segnaletica è utilizzata in corrispondenza del segnale verticale "DARE PRECEDENZA". Il segnale "DARE PRECEDENZA" è usato per indicare ai conducenti l'obbligo di cedere il passo ai veicoli che circolano sulla strada sulla quale intendono immettersi o che stanno per attraversare.
- **Linea di arresto:** È una striscia continua bianca, larga almeno 50 cm, che indica il punto in cui i conducenti devono fermarsi in presenza di segnali come "STOP" o di semafori. Questa linea è posizionata in modo da garantire la massima visibilità e sicurezza nell'intersezione. La linea di arresto deve essere tracciata a sbarramento delle corsie che conducono all'incrocio e collegata alla striscia longitudinale continua che separa i sensi di marcia ([2: articolo 108])

Le Figure 2 e 3 che seguono mostrano rispettivamente come si presentano la linea di Stop e il segnale di dare precedenza.

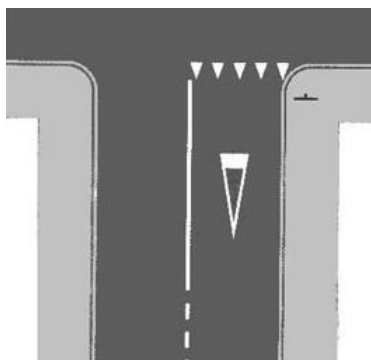


Figura 2: segnale di dare precedenza – Fonte:
https://www.aniapedia.it/Extracted/img/2_433.jpg

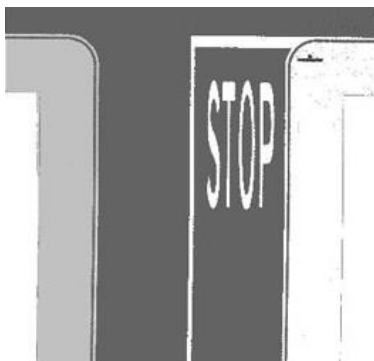


Figura 3: segnale di fermarsi e dare precedenza - Fonte:
https://www.aniapedia.it/Extracted/img/2_432b.jpg

3. Attraversamenti pedonali e ciclabili:

- **Attraversamenti pedonali:** Comunemente noti come "strisce pedonali", sono costituiti da una serie di strisce bianche parallele tracciate trasversalmente sulla carreggiata. Questa segnaletica indica ai pedoni i punti sicuri per attraversare la strada e obbliga i conducenti a fermarsi per dare la precedenza ai pedoni in transito. La loro presenza è spesso accompagnata da segnali verticali per aumentare la visibilità e la consapevolezza degli automobilisti ([2: articolo 145]).
- **Attraversamenti ciclabili:** Questi attraversamenti sono destinati esclusivamente ai ciclisti e sono segnalati da due strisce bianche discontinue parallele, ciascuna con segmenti e intervalli di 50 cm. La distanza tra le strisce varia: 1 metro per attraversamenti a senso unico e 2 metri per quelli a doppio senso. In molti casi, l'area tra le strisce è colorata (spesso in rosso o verde) per aumentare la visibilità. Questa segnaletica indica ai ciclisti dove attraversare in sicurezza e segnala ai conducenti la necessità di cedere il passo ai ciclisti in transito ([2: articolo 146]).

È importante notare che, secondo il Codice della Strada italiano, gli attraversamenti ciclabili conferiscono ai ciclisti il diritto di precedenza, a meno che non sia diversamente specificato da segnaletica verticale o orizzontale. Pertanto, i conducenti devono prestare particolare attenzione a queste aree per garantire la sicurezza di tutti gli utenti della strada. Di seguito nelle Figure 4 e 5 sono riportati esempi di incroci con, rispettivamente cerchiati in rosso, attraversamenti pedonali e ciclabili.

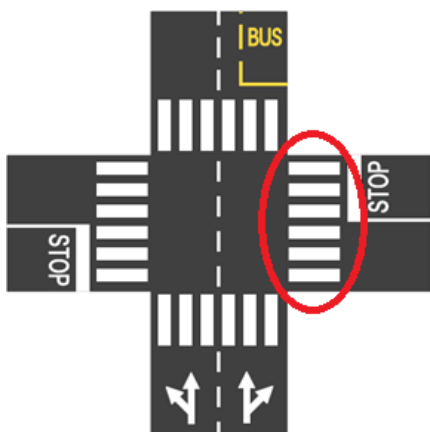


Figura 4: Attraversamento Pedonale – Fonte:
https://it.wikipedia.org/wiki/Segnaletica_orizzontale

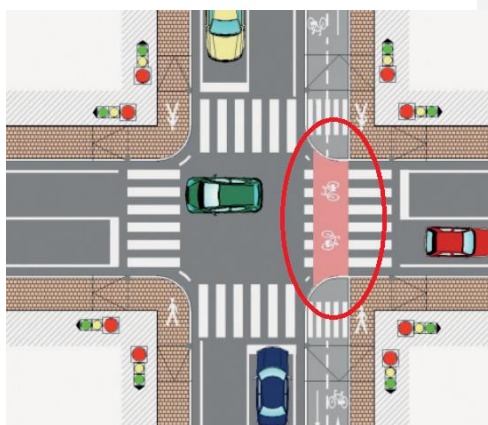


Figura 5: Attraversamento ciclabile – Fonte:
https://www.fiab.info/download/FIAB_scheda_div_3.pdf

4. Freccie direzionali

Sono elementi fondamentali della segnaletica orizzontale, progettate per guidare i conducenti nelle manovre all'interno delle corsie stradali. Queste frecce, di colore bianco e tracciate sulla pavimentazione, indicano le direzioni consentite o obbligatorie che i veicoli devono seguire, specialmente in prossimità di intersezioni o svincoli. Sono utilizzate sulle strade con un numero sufficiente di corsie per permettere la preselezione e l'attestamento dei veicoli vicino a un'intersezione. Le principali tipologie di frecce direzionali includono ([2: articolo 147]):

- **Freccia a destra:** indica che la corsia è riservata alla svolta a destra.
- **Freccia dritta:** segnala che la corsia è destinata a proseguire dritto attraverso l'intersezione o conferma il senso di marcia su strade a senso unico.
- **Freccia a sinistra:** indica che la corsia è dedicata alla svolta a sinistra.
- **Freccia combinata (dritta e destra o dritta e sinistra):** permette sia di proseguire dritto sia di svoltare nella direzione indicata.
- **Freccia di rientro:** utilizzata per segnalare ai conducenti la necessità di spostarsi da una corsia all'altra, ad esempio in caso di fine corsia o restringimento della carreggiata.

Le dimensioni e la posizione di queste frecce variano in base al tipo di strada; alcune di esse sono riportate nelle Figura 6 sottostante. È essenziale che i conducenti rispettino le indicazioni fornite dalle frecce direzionali per garantire una circolazione sicura e ordinata.

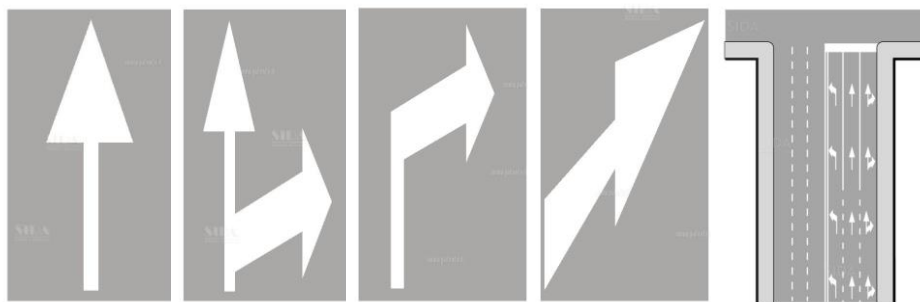


Figura 6: Fonte: <https://www.patente.it/normativa/articolo-147-regolamento?idc=651>

5. Simboli e scritte ([2: articolo 148]):

Tracciati direttamente sulla pavimentazione stradale, questi elementi hanno l'obiettivo di fornire indicazioni immediate e prescrizioni specifiche agli utenti della strada, contribuendo a una circolazione più sicura e ordinata.

- **Scritte sulla carreggiata:** Si tratta di parole o abbreviazioni dipinte sull'asfalto per comunicare messaggi chiari ai conducenti. Esempi comuni includono:
 - **"STOP":** Indica l'obbligo di arresto del veicolo prima di procedere, generalmente posizionato in prossimità di intersezioni dove è necessario fermarsi e dare precedenza.
 - **"BUS":** Segnala una corsia riservata esclusivamente al transito degli autobus, aiutando a mantenere separate le diverse tipologie di traffico.
 - **"TAXI":** Indica aree di sosta o corsie dedicate ai taxi, facilitando l'accesso e la mobilità di questi veicoli nel contesto urbano.

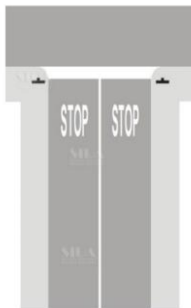


Figura 7: Scritta "STOP" - Fonte: <https://www.patente.it/ecom.dll/noAjax?idc=652>

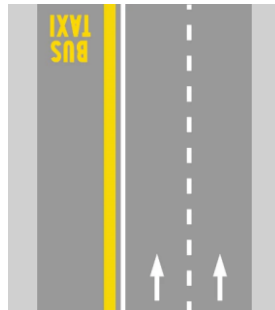


Figura 8: Corsia preferenziale TAXI/BUS - Fonte: <https://www.garanziaonline.it/blog/corsia-preferenziale/>

- **Simboli sulla carreggiata:** Oltre alle scritte, vengono utilizzati simboli grafici per trasmettere informazioni specifiche:
 - **Simbolo del pedone:** Rappresentato da una figura stilizzata di un pedone, segnala attraversamenti pedonali o zone a traffico limitato dove la precedenza è data ai pedoni.

- **Simbolo della bicicletta:** Una rappresentazione stilizzata di una bicicletta indica percorsi o corsie riservate ai ciclisti, promuovendo una mobilità sostenibile e sicura.
- **Freccia direzionale:** Una freccia disegnata sulla carreggiata indica la direzione obbligatoria o consigliata da seguire in una determinata corsia, guidando i conducenti attraverso intersezioni o cambi di carreggiata.

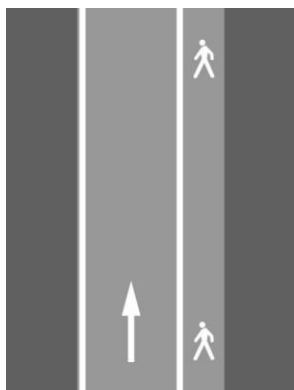


Figura 9: Passaggio pedonale – Fonte:
https://it.wikipedia.org/wiki/Passaggio_pedonale



Figura 10: Simbolo bicicletta –Fonte:
<https://www.patente.it/ecom.dll/noAjax?dc=652>

6. Zebrature e isole di traffico ([2: articolo 150]):

- **Zebrature:** Si tratta di strisce bianche oblique dipinte sulla carreggiata, che delimitano aree in cui è vietato il transito e la sosta dei veicoli. Queste zone sono utilizzate per escludere il traffico da determinate porzioni della strada, come in prossimità di ostacoli o per canalizzare i veicoli nelle direzioni corrette. Le strisce delle zebrature devono essere di colore bianco, inclinate di almeno 45° rispetto alla corsia di marcia e con una larghezza non inferiore a 30 cm; gli intervalli tra le strisce sono di larghezza doppia rispetto alle strisce stesse.
- **Isole di traffico:** Sono parti della carreggiata evidenziate mediante zebrature di colore bianco e delimitate da strisce bianche continue di raccordo. Servono a facilitare l'incanalamento dei veicoli verso varie direzioni e possono essere realizzate a raso (dipinte sul piano stradale) o in rilievo (rialzate). Nel caso di isole rialzate, queste sono precedute da zebrature per avvisare i conducenti della loro presenza. È vietato marciare o sostare su queste aree. Parcheggi e corsie riservate: Delimitano zone di sosta (es. strisce blu per il pagamento, strisce gialle per residenti/disabili, strisce bianche per sosta libera).

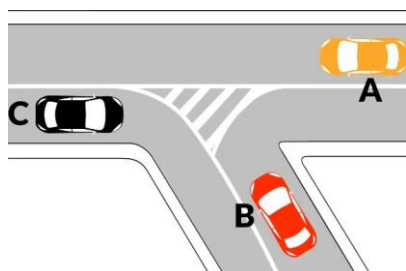


Figura 11: Isola di traffico – Fonte:
<https://www.dueruote.it/guide/scuola-guida/2020/12/16/isola-di-traffico.html>



Figura 12: Zebratura -Fonte:
<https://www.stagniweb.it/foto6.asp?File=a58&Inizio=11&Righe=10&Inizio=1&Righe=100&Col=5>

7. Parcheggi e corsie riservate:

Questi segnali, tracciati direttamente sulla pavimentazione, forniscono indicazioni chiare agli utenti della strada riguardo alle aree di sosta e alle corsie destinate a specifiche categorie di veicoli.

• Parcheggi:

- **Strisce bianche:** Delimitano gli stalli di sosta a uso libero, dove il parcheggio è consentito senza pagamento. Queste aree sono generalmente ubicate fuori dalla carreggiata principale, in modo da non ostacolare il flusso del traffico.

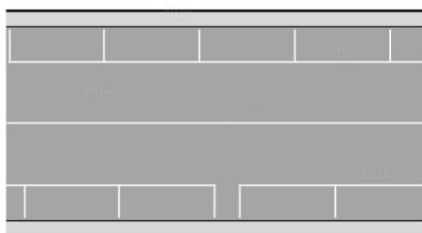


Figura 13: Parcheggi bianchi – Fonte:
<https://www.patente.it/ecom.dll/noAjax?idc=653>

- **Strisce azzurre:** Indicano parcheggi a pagamento. Gli automobilisti devono esporre un ticket o un abbonamento valido per sostare in queste zone.



Regione Toscana

- **Strisce gialle:** Segnalano stalli riservati a categorie specifiche, come veicoli per persone con disabilità, carico e scarico merci, o altri usi particolari. Questi stalli devono riportare chiaramente l'indicazione della categoria di veicolo a cui sono destinati, mediante iscrizione o simbolo.
- **Corsie riservate:**
 - **Corsie preferenziali:** Sono porzioni della carreggiata destinate esclusivamente al transito di mezzi pubblici, come autobus e taxi, e talvolta a biciclette. Queste corsie sono spesso delimitate da strisce gialle e possono essere accompagnate da scritte come "BUS" o "TAXI" sulla pavimentazione. L'accesso non autorizzato a queste corsie è soggetto a sanzioni.
 - **Corsie ciclabili:** Riservate ai velocipedi, sono segnalate da simboli di biciclette e possono essere delimitate da strisce bianche o colorate. Queste corsie garantiscono la sicurezza dei ciclisti separandoli dal traffico motorizzato.



Figura14: Esempio corsia riservata Bus e corsia ciclabile -Fonte:

<https://www.letteraemme.it/arriva-la-segnaletica-orizzontale-la-pista-ciclabile-di-via-cannizzaro-e-pronta/>



Regione Toscana

Geometrie standard e dimensioni

Il rapporto **COST 331**, intitolato "Requirements for Horizontal Road Marking" [25], offre linee guida dettagliate sulle dimensioni e sulle caratteristiche delle marcature stradali orizzontali. Questo documento analizza come le dimensioni delle marcature influenzino la visibilità e la sicurezza stradale. Alcuni punti chiave includono:

- **Larghezza delle linee:** una larghezza maggiore delle linee può migliorare la visibilità, specialmente in condizioni di scarsa illuminazione o avverse. Tuttavia, un aumento eccessivo della larghezza potrebbe influenzare negativamente il comportamento di guida, portando a una percezione errata dello spazio disponibile sulla carreggiata.
- **Linee continue vs. tratteggiate:** le linee continue offrono una guida più chiara rispetto alle linee tratteggiate. Tuttavia, le linee tratteggiate sono spesso utilizzate per indicare permessi di sorpasso o cambi di corsia in determinate condizioni. La scelta tra linee continue e tratteggiate deve considerare il contesto stradale e le normative locali.
- **Dimensioni delle frecce direzionali e dei simboli:** la dimensione e la forma di frecce e simboli devono essere progettate per garantire una chiara comprensione da parte degli utenti della strada, tenendo conto della velocità del traffico e della distanza di visualizzazione.

In tale documento si sottolinea inoltre l'importanza di bilanciare la visibilità delle marcature con altri fattori, come il comfort di guida e la percezione dello spazio stradale. Ad esempio, mentre linee più larghe possono essere più visibili, potrebbero anche far percepire la carreggiata come più stretta, influenzando il comportamento dei conducenti.

Materiali impiegati

I materiali impiegati nella segnaletica orizzontale devono offrire alta visibilità, resistenza agli agenti atmosferici, e durabilità nel tempo. La scelta dei materiali influisce direttamente sulla vita utile della segnaletica e sui costi di manutenzione a lungo termine. I principali materiali utilizzati includono:

1. **Pitture a Solvente** (alchidiche o acriliche): Questi materiali sono facilmente applicabili e hanno un buon comportamento iniziale in termini di riflessione luminosa e visibilità. Tuttavia, sono più soggetti al deterioramento rapido, in particolare quando esposti a condizioni climatiche estreme, come l'umidità e le alte temperature. La loro durata è ridotta rispetto ad altri materiali più resistenti, e quindi richiedono frequenti interventi di manutenzione. [14]

Materiali impiegati in Italia per la segnaletica orizzontale

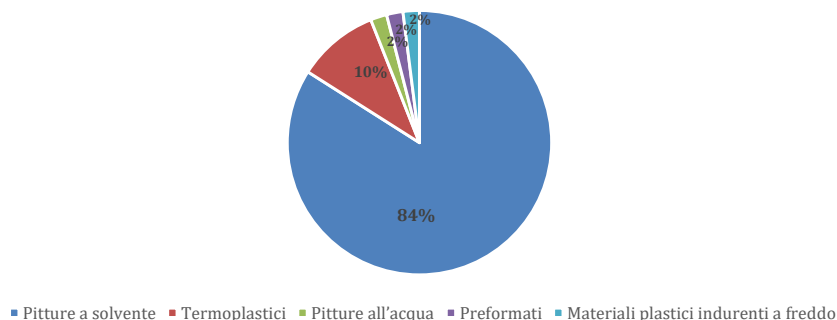


Tabella 1: Fonte: "Materiali per la segnaletica stradale", EGAF – AIIT, Felice Giuliani, 2013 [6]

2. **Resine Termoplastiche:** Queste resine, che possono essere spruzzate o colate a caldo, sono tra le soluzioni più durature. Offrono una buona aderenza alla superficie stradale e una resistenza elevata all'usura, soprattutto in ambienti con traffico intenso. Le resine termoplastiche si caratterizzano anche per una buona retro-riflettività, che migliora la visibilità, soprattutto di notte. Tuttavia, la loro applicazione richiede un certo tipo di attrezzatura, come spruzzatori a caldo, e la qualità della posa incide sulla loro durabilità. [15]
3. **Pitture all'Acqua:** Sebbene meno inquinanti rispetto alle pitture a base di solventi, le pitture all'acqua tendono ad avere una resistenza inferiore nel tempo, specialmente in ambienti ad alto traffico. Inoltre, la loro capacità di resistere a condizioni climatiche avverse, come pioggia e neve, è limitata rispetto ad altri materiali più robusti. Tuttavia, sono preferite in contesti dove si vuole ridurre l'impatto ambientale. [16]
4. **Materiali Plastici Indurenti a Freddo (Resine Bicomponenti):** Questi materiali sono caratterizzati da un'ottima resistenza alle intemperie e offrono una lunga durabilità, riducendo la necessità di manutenzione frequente. Sono particolarmente adatti per applicazioni che richiedono elevata aderenza e resistenza allo scivolamento, come in presenza di traffico pesante. [17]
5. **Nastri Preformati (Laminati Elastoplastici):** Questi materiali hanno il vantaggio di una durabilità elevata e di una facile applicazione, con una buona resistenza agli agenti atmosferici e all'usura. Sono una scelta popolare per la segnaletica di lunga durata, ma il costo iniziale può essere più alto rispetto ad altri materiali. [18]



Regione Toscana

Fattori che Influenzano la Durabilità

La durabilità della segnaletica orizzontale dipende da diversi fattori, che vanno oltre la scelta del materiale. Tra i principali, possiamo considerare:

- **Qualità dei Materiali:** Materiali come le resine termoplastiche, ad esempio, offrono una maggiore resistenza rispetto alle pitture a base di solvente, che tendono a deteriorarsi più rapidamente. La qualità della vernice e delle resine influenza direttamente la riflettività e la resistenza all'usura. [19]
- **Tecniche di Applicazione:** La corretta applicazione della segnaletica è essenziale per garantirne la longevità. La superficie deve essere pulita e asciutta prima dell'applicazione, poiché la presenza di umidità o di polvere può compromettere l'aderenza e ridurre la resistenza della marcatura. La temperatura di applicazione è un altro fattore importante che può influire sulla qualità finale della segnaletica. [20]
- **Condizioni Atmosferiche:** L'esposizione a pioggia, neve, e raggi UV accelera il deterioramento della segnaletica. Le condizioni climatiche avverse, infatti, sono tra i principali fattori di degrado, poiché contribuiscono a far sbiadire i colori e a ridurre la retro-riflettività delle linee. L'umidità e la presenza di agenti chimici come il sale sulla strada in inverno possono accelerare il degrado della vernice e delle resine. [21]
- **Volume di Traffico:** Il passaggio costante di veicoli, soprattutto quelli pesanti, contribuisce all'usura della segnaletica. L'intensità del traffico aumenta il rischio di abrasione, che può ridurre la visibilità della segnaletica nel tempo. [22]

Modelli Previsionali per la Durabilità

Studi recenti hanno sviluppato modelli previsionali per stimare la vita utile delle marcature stradali, tenendo conto di vari fattori come il traffico, le condizioni atmosferiche e le caratteristiche del materiale. Ad esempio, i modelli di degradazione delle marcature stradali basati su effetti stagionali e eventi meteorologici hanno mostrato come le condizioni invernali possano accelerare il deterioramento della segnaletica. [19]

Infine, la durabilità della segnaletica orizzontale non riguarda solo il suo rendimento nel tempo, ma anche la sua sostenibilità economica. L'analisi del ciclo di vita delle marcature stradali, inclusi i costi di produzione, applicazione e manutenzione, è un fattore importante per orientare le scelte verso soluzioni più economiche e sostenibili. Materiali come le resine termoplastiche, sebbene inizialmente più costosi, possono risultare più convenienti nel lungo periodo grazie alla loro durabilità e alla minore necessità di manutenzione. [20][21]



Regione Toscana

Segnaletica Verticale

La segnaletica verticale è l'insieme dei cartelli e pannelli installati in maniera verticale lungo le strade che hanno la funzione di fornire indicazioni, prescrizioni e avvertimenti agli utenti della strada. In Italia, la normativa di riferimento è principalmente il Codice della Strada (D.Lgs. n. 285/1992) e il suo Regolamento di esecuzione e di attuazione (D.P.R. n. 495/1992) [1][2]. A livello internazionale, molte disposizioni derivano dalla Convenzione di Vienna del 1968 sulla segnaletica stradale, che ha contribuito a uniformare i principi base (forme, colori e pittogrammi) nei Paesi aderenti.

La forma e il colore dei segnali sono stati selezionati in base a criteri di immediatezza comunicativa e riconoscibilità. Ad esempio, le forme geometriche come triangoli, cerchi e rettangoli e l'uso di colori specifici come rosso, bianco, blu, verde, permettono di distinguere a colpo d'occhio la funzione del segnale, rendendo la guida più sicura ed efficiente. Devono essere realizzati e posizionati in modo da garantirne la visibilità in qualsiasi condizione atmosferica e di illuminazione, in particolare la leggibilità nelle ore notturne è garantita grazie all'utilizzo di dispositivi di illuminazione propria o di pellicole rifrangenti che riflettono la luce che arriva dai fari. La parte posteriore del segnale, invece, deve essere di colore neutro e opaco e vi devono essere indicate le informazioni riguardanti la fabbricazione ecc.

I segnali verticali sono installati per lo più sul lato destro della strada ma si possono trovare anche su isole spartitraffico, al di sopra della carreggiata o ripetuti sul lato sinistro.

Ci sono tre categorie principali per i segnali stradali verticali:

- Segnali di pericolo
- Segnali di prescrizione
- Segnali di indicazione

a cui si aggiungono altri tipi di cartelli come pannelli integrativi e segnaletica temporanea, di seguito un'analisi più dettagliata.

1. Segnali di pericolo:

Servono a preavvisare l'utente dell'esistenza di situazioni di pericolo o potenzialmente rischiose a breve distanza dalla segnalazione, come curve, dossi, passaggi a livello, attraversamenti pedonali, animali vaganti ecc.

Vanno posti 150 m prima dell'inizio della situazione di pericolo, se ciò non è possibile il cartello dev'essere integrato con un pannello che indica la distanza del pericolo. Nei casi in cui il

pericolo si estende su un tratto di strada di una certa lunghezza, tale lunghezza va indicata tramite pannello integrativo, quando nota, altrimenti è possibile segnalare il termine del pericolo mediante pannello integrativo di fine.

Hanno forma di triangolo equilatero, con vertice verso l'alto, e sono solitamente utilizzati i colori rosso, bianco e nero, in modo da attirare l'attenzione e rendere riconoscibile la tipologia di avvertimento anche a distanza.



Figura 15: alcuni esempi di segnali di pericolo – Fonte: <https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti/3/prodotti/segnali-di-pericolo-segnaletica-verticale/352/>

2. Segnali di prescrizione:

Raggruppano i segnali di divieto, i segnali di obbligo e quelli di precedenza. Devono essere collocati in corrispondenza del punto in cui inizia la prescrizione e sono ripetuti nella loro versione di fine nel punto in cui la prescrizione ha fine. Questa viene indicata dal cartello di colore grigio e con una banda nera obliqua oppure con il cartello originale integrato da un pannello che ne indica la fine per i segnali di divieto e dal cartello con una banda rossa obliqua per i segnali di obbligo. Quando la prescrizione termina in corrispondenza di un'intersezione non è necessario porre il segnale di fine, ma se la prescrizione prosegue oltre un'intersezione è obbligatorio ripetere il segnale.



Regione Toscana



FIG. 70 ART. 119
VIA LIBERA



FIG. 71 ART. 119
FINE LIMITAZIONE DI
VELOCITÀ



FIG. 72 ART. 119
FINE DEL DIVIETO DI
SORPASSO



FIG. 73 ART. 119
FINE DEL DIVIETO DI
SORPASSO PER I
VEICOLI DI MASSA A
PIENO CARICO
SUPERIORE A 3.5 TON.



FIG. 93a ART. 122
FINE PISTA CICLABILE
CONTIGUA AL
MARGHAPIEDE



FIG. 93b ART. 122
FINE DEL PERCORSO
PEDONALE E
CICLABILE

Figura 16: esempi di segnali di fine prescrizione -Fonte: https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti_3/categorie/segnaletica-verticali_1/



FINE
MOD. 5/a3



MOD. 5/b3
FINE

Figura 17: esempi di segnali integrativi di fine prescrizione – Fonte: https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti_3/prodotti/pannelli-integrativi-segnaletica-verticale_332/

Nei casi in cui la prescrizione è limitata a una o più categorie di veicoli, i simboli di tali veicoli sono indicati nell'apposito pannello integrativo.

Di seguito analizziamo le tre sotto-categorie nello specifico.

- **Segnali di divieto:**

Servono a proibire determinate azioni, come la sosta, la fermata, il transito, il sorpasso, superare una certa velocità, ecc., ovvero impongono limitazioni. Possono essere generici, validi per tutti i veicoli, o specifici per determinate categorie di veicoli o di utenti.

Sono di forma circolare, con bordo rosso e al centro una figura nera su sfondo bianco, ad evidenziare il concetto di “blocco”, “non fare” qualcosa.



Figura 18: alcuni esempi di segnali di divieto -Fonte: https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti_3/prodotti/segnali-di-prescrizione-segnali-di-divieto_354/

Alcuni dei segnali di divieto, come il divieto di sosta, possono essere corredati di pannelli integrativi che indicano la fascia oraria, i giorni o le categorie di veicolo a cui è riferito il divieto e anche pannelli integrativi che indicano, invece, il punto di inizio, estensione e fine.

- **Segnali di obbligo:**

Servono ad imporre un comportamento, come una direzione obbligatoria, catene da neve obbligatorie, pista ciclabile, obblighi per veicoli pesanti ecc. Sono rivolti a tutti gli utenti, salvo casi eccezionali indicati tramite pannello integrativo.

Sono circolari, come i segnali di divieto, ma con figure bianche su fondo blu, ad indicare un comando imperativo e per differenziarsi visivamente dai divieti. Esistono, però, anche segnali di obbligo specifici, come i segnali di “ALT” per dogana, polizia o stazione che invece sono rossi, bianchi e neri.



Figura 19: esempi di segnali di obbligo – Fonte: https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti_3/prodotti/segnali-di-prescrizione-segnali-di-obbligo_355/

- **Segnali di precedenza:**

Servono ad indicare le regole di priorità, come stop, dare precedenza, diritto di precedenza, ecc. La loro forma e il loro colore variano di caso in caso, lo “Stop” è un ottagon rosso ed è un segnale molto noto a livello internazionale (Convenzione di Vienna), il “Dare precedenza” è un triangolo rovesciato e richiama il concetto di attenzione/priorità concessa ad altri.

Si possono individuare due classi: i segnali che impongono all’utente di dare la precedenza e i segnali che comunicano all’utente che i conducenti che provengono da altre strade in intersezione o da immissioni hanno l’obbligo di dare la precedenza.

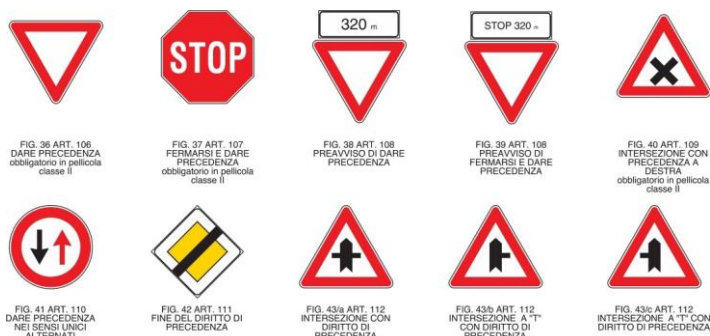


Figura 20: esempi di segnali di precedenza – Fonte:

https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti_3/prodotti/segnali-di-prescrizione-segnali-di-precedenza_353/

Alcuni di questi segnali, dove la pavimentazione stradale lo consente, sono integrati dalla corrispondente segnaletica orizzontale, ad esempio il segnale “Dare precedenza” o “Fermarsi e dare precedenza”.



Figura 21: Fonte: <https://www.sempresrl.it/cartello-dare-precedenza/>



Figura 22: Fonte: <https://www.quattroruote.it/guide/scuola-guida/segnali-di-precedenza-tipologie.html>

3. Segnali di indicazione:

Segnali che forniscono all'utente le informazioni per una corretta circolazione, come le indicazioni di località, punti di interesse, itinerari, servizi utili ecc. Rientrano in questa categoria anche le indicazioni autostradali e i segnali di conferma percorso. Forma e colore variano in base alla tipologia e alla strada in cui si trovano. In autostrada hanno forma rettangolare con sfondo verde, in strade extraurbane, ordinarie e urbane hanno sfondo blu o bianco, mentre i segnali turistici sono spesso marroni, in modo da renderli facilmente distinguibili dai segnali di direzione ordinari. Le forme come il rettangolo o il quadrato sono più neutre e anche più adatte a contenere del testo, senza trasmettere un'idea di obbligo o pericolo.



Figura 23: esempi di segnali di indicazione – Fonte:

https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti_3/categorie/segnali-verticali_1/

4. Pannelli integrativi:

Sono pannelli che integrano le prescrizioni di altri segnali verticali, dando informazioni aggiuntive come distanze, categorie di veicoli interessati, orari di validità. Migliorano la chiarezza delle indicazioni stradali, dando un forte contributo alla sicurezza e fluidità del traffico. Le principali categorie di pannelli integrativi sono le seguenti:

1. **Distanza:** indicano quanto dista il punto d'inizio di applicazione del segnale dal cartello. Questa informazione è essenziale per la sicurezza stradale, specialmente in aree con visibilità ridotta.
2. **Estensione:** indicano la lunghezza del tratto interessato da un pericolo o prescrizione.
3. **Periodi di tempo:** specificano il periodo in cui il pericolo o prescrizione è valido, come fasce orarie o giorni lavorativi o festivi.

4. Limitazioni ed eccezioni: indicano limitazioni specifiche per determinate categorie di veicoli o eccezioni alla regola generale.
5. Inizio, continuazione e fine: definiscono dove una prescrizione inizia e termina.
6. Esplicitazioni o indicazioni: forniscono dettaglio che aiutano gli utenti a prendere decisioni informate e ad essere prudenti, alcuni esempi sono la presenza di un incidente, di un tratto soggetto a code o di strada sdruciolevole.
7. Andamento della strada: indicano la direzione della strada principale rispetto alle secondarie, in modo da evitare situazioni di confusione, soprattutto in condizioni di scarsa visibilità e traffico intenso.

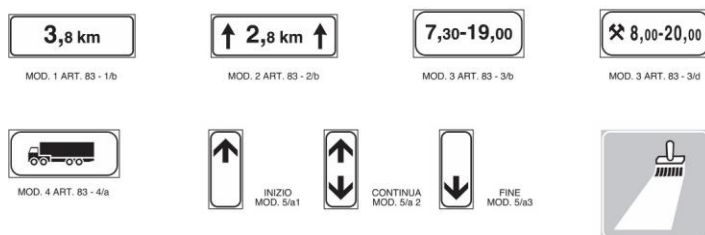


Figura 24: esempi di pannelli integrativi – Fonte:

https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti_3/prodotti/pannelli-integrativi-segnaletica-verticale_332/

5. Segnali complementari:

Aiutano a migliorare la visibilità o a fornire ulteriori dettagli utili alla determinazione della traiettoria di marcia e alla percezione di ostacoli, come ad esempio i delineatori di margine, le isole di traffico, i paletti ecc. e sono molto importanti ai fini della sicurezza stradale.

Le principali categorie di segnali complementari sono:

- 1) Delineatori normali di margine: paletti ai lati delle strade extraurbane che ne indicano i margini e aiutano a seguirne l'andamento.
- 2) Delineatori speciali: sono delineatori specifici per gallerie, strade di montagna, curve strette, intersezioni a T, accessi, ecc.
- 3) Segnalatori di ostacoli: strisce alternate bianche rifrangenti e nere utilizzate per segnalare gli ostacoli, le anomalie e i punti critici stradali aumentandone la visibilità, in particolare nelle ore notturne.
- 4) Isole di traffico: parte di strada delimitata e non transitabile destinata ad incanalare le correnti di traffico.
- 5) Salvagenti pedonali: parte della strada, rialzata o opportunamente delimitata e protetta, destinata al riparo e alla sosta dei pedoni, in corrispondenza di attraversamenti pedonali o di fermate dei trasporti collettivi.

- 6) Delimitatori di corsia: elementi in rilievo di materiale plastico o gomma solidamente fissati alla pavimentazione stradale in modo da realizzare un cordolo longitudinale.

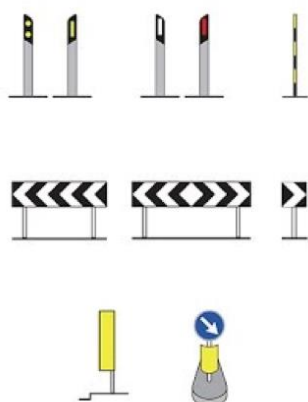


Figura 25: esempi di segnali complementari – Fonte:
<http://www.autoscuolauniversitaria.it/blog/segnali-cartelli-stradali-due.php>

6. Segnaletica temporanea:

Sono posti per un periodo di tempo limitato e indicano ad esempio cantieri, deviazioni provvisorie o la presenza di un pericolo.



Figura 26: esempi di segnali temporanei – Fonte:
https://www.3gsegnaletica.it/it/segnaletica-prodotti_3/prodotti/segnali-temporanei-cantiere_227/



Regione Toscana

Spesso si tratta di cartelli con sfondo giallo, per evidenziare l'aspetto di provvisorietà o di rischio, immediatamente distinguibili dalla segnaletica ordinaria. La presenza di un'adeguata segnaletica induce l'utente a comportamenti adeguati alle specificità del cantiere e previene determinati tipi di incidenti.

Geometrie standard, dimensioni, colori e posizione

Le geometrie utilizzate per la segnaletica verticale variano in base alla funzionalità del segnale.

Le forme utilizzate sono:

- Triangolo equilatero con vertice verso l'alto: per i segnali di pericolo
- Triangolo equilatero con vertice verso il basso: per i segnali di precedenza
- Cerchio: per i segnali di divieto e obbligo
- Ottagono: esclusivamente per il segnale di STOP
- Diamante: per il diritto di precedenza
- Rettangolo: per i segnali di indicazione

Le dimensioni dei cartelli variano in base alla loro funzione e alla strada su cui sono installati. Ad esempio, su autostrade e strade ad alta velocità sono richiesti segnali di dimensioni maggiori per garantire visibilità da lontano. A tal proposito esistono tre diversi formati:

- "Grande": sul lato destro di strade extraurbane a due o più corsie per senso di marcia, di strade urbane a tre o più corsie per senso di marcia e al di sopra della carreggiata.
- "Piccolo" o "Ridotto": solo se le condizioni di installazione hanno limitato l'impiego dei segnali di formato "normale".
- "Normale": in tutti gli altri casi.

I segnali devono essere installati in modo che siano visibili dall'utente della strada, le misure minime dello spazio di avvistamento dei segnali di pericolo e prescrizione variano a seconda della tipologia di strada.

Tipo di strada	Segnali di pericolo	Segnali di prescrizione
Autostrade e strade extraurbane principali	150 m	250 m
Strade extraurbane secondarie e urbane di scorrimento	100 m	150 m
Altre strade	50 m	80 m

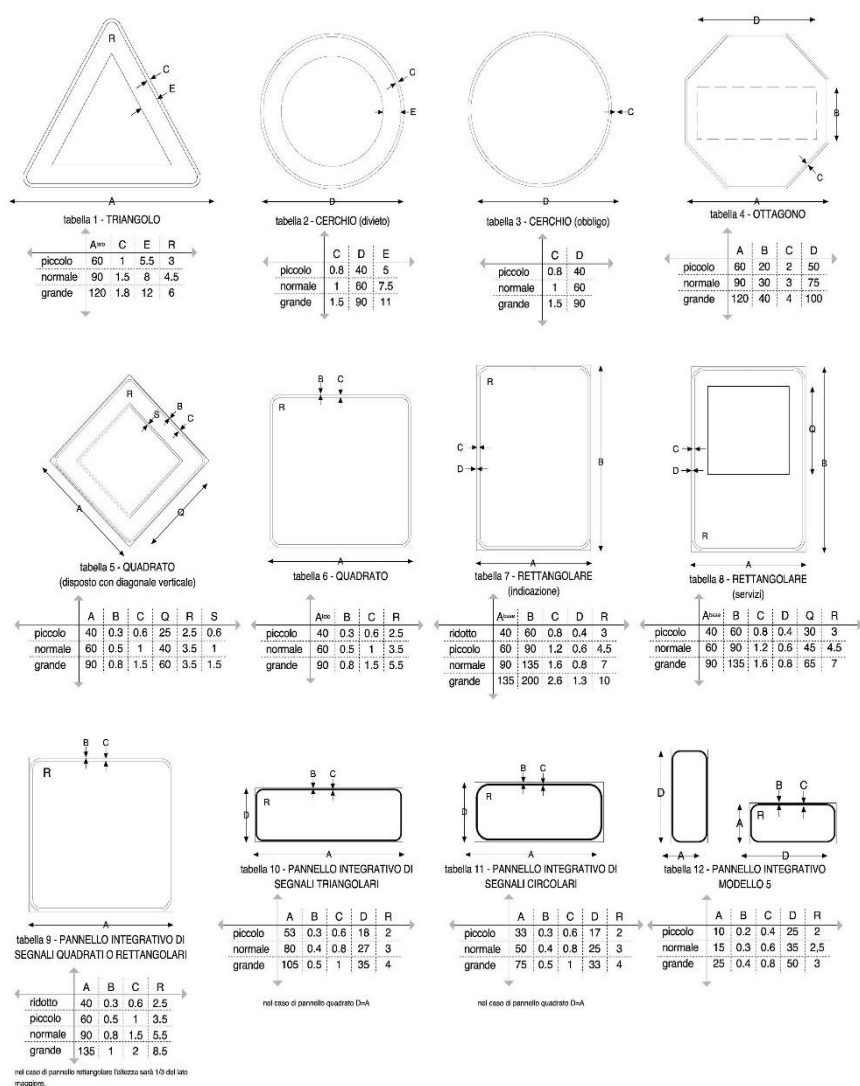


Figura 27: dimensioni segnali – Fonte: <https://www.ciemmevr.it/segnaletica-stradale/>



Regione Toscana

I segnali posti sul lato della strada vanno installati in modo che il bordo verticale interno sia tra i 30 cm e 1 m dal ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina, ad eccezione di casi di limitazione di spazio. I sostegni verticali dei segnali devono essere collocati ad almeno 50 cm ciglio del marciapiede o dal bordo esterno della banchina. L'altezza dei segnali, cioè l'altezza del bordo inferiore del cartello dal piano orizzontale tangente al punto più alto della carreggiata in quella sezione, dev'essere tra i 60 cm e i 2,20 m. In particolari condizioni, nelle strade urbane l'altezza può essere maggiore, ma comunque non oltre i 4,50 m.

I segnali posti al di sopra della carreggiata vanno collocati ad un'altezza di almeno 5,10 m. Quando il segnale di pericolo o di prescrizione ha valore per l'intera carreggiata, deve essere posto con il centro in corrispondenza dell'asse della stessa, se, invece, si riferisce ad una sola corsia, deve essere posto in corrispondenza dell'asse di quest'ultima ed integrato da una freccia sottostante con la punta diretta verso il basso.

I colori utilizzati per la segnaletica verticale sono specifici per ogni categoria, in modo da renderli immediatamente identificabili.

- I segnali di pericolo sono solitamente a bordo rosso, con una figura nera su fondo bianco
- I segnali di divieto sono solitamente a bordo rosso, con una figura nera su fondo bianco, ad eccezione dei divieti di sosta e sosta e fermata che sono a fondo blu
- I segnali di obbligo sono solitamente a fondo blu con figure bianche
- I segnali di fine prescrizione sono a fondo bianco con figure grigie e una banda nera obliqua
- I segnali di precedenza sono solitamente a bordo rosso, con una figura nera su fondo bianco, ad eccezione del segnale di "Stop" che è a fondo rosso con scritta bianca e del diritto di precedenza che è bianco e giallo

Particolare regolamentazione riguarda i segnali di indicazione devono essere impiegati i seguenti colori di fondo, fatte salve le eccezioni espressamente previste:

- verde: per le autostrade o per avviare ad esse
- blu: per le strade extraurbane o per avviare ad esse
- bianco: per le strade urbane o per avviare a destinazioni urbane, per indicare gli alberghi e le strutture ricettive affini in ambito urbano
- giallo: per segnali temporanei di pericolo, di preavviso e di direzione relativi a deviazioni, itinerari alternativi e variazioni di percorso dovuti alla presenza di cantieri stradali o, comunque, di lavori sulla strada



Regione Toscana

- marrone: per indicazioni di località o punti di interesse storico, artistico, culturale e turistico; per denominazioni geografiche, ecologiche, di ricreazione e per i camping
- nero opaco: per segnali di avvio a fabbriche, stabilimenti, zone industriali, zone artigianali e centri commerciali nelle zone periferiche urbane
- arancio: per i segnali SCUOLABUS E TAXI
- rosso: per i segnali SOS E INCIDENTE
- bianco e rosso: per i segnali a strisce da utilizzare nei cantieri stradali
- grigio: per il segnale SEGNI ORIZZONTALI IN RIFACIMENTO

Le scritte sui colori di fondo devono essere:

- bianche: sul verde, blu, marrone, rosso
- nere: sul giallo e sull'arancio
- gialle: sul nero
- blu o nere: sul bianco
- grigio: sul bianco

I simboli sui colori di fondo devono essere:

- neri: sull'arancio e sul giallo
- neri o blu: sul bianco
- bianchi: sul blu, verde, rosso, marrone e nero
- grigio: sul bianco

Materiali impiegati

I materiali utilizzati per cartelli e pannelli stradali devono garantirne la visibilità sia di giorno che di notte, in qualsiasi condizione di esposizione e di illuminazione ambientale. Tutti i segnali devono essere rifrangenti, affinché appaiano con la stessa forma, colore e simbolo sia di giorno che di notte.

I materiali principali per la segnaletica verticale includono:

- Pannelli in alluminio o acciaio galvanizzato: resistenti e durevoli
- Pellicole rifrangenti: disponibili in tre classi principali:
 - Classe I: a rifrangenza base.
 - Classe II: ad efficienza elevata, il loro utilizzo è obbligatorio per i segnali di dare precedenza, divieto di sorpasso e per i segnali permanenti di preavviso e di direzione di nuova installazione.
 - Classe III: microprismatiche, per condizioni di scarsa visibilità.



Regione Toscana

Le pellicole rinfrangenti sono composte da plastica con perline di vetro incorporate o incapsulate, che consentono la retroriflessione.

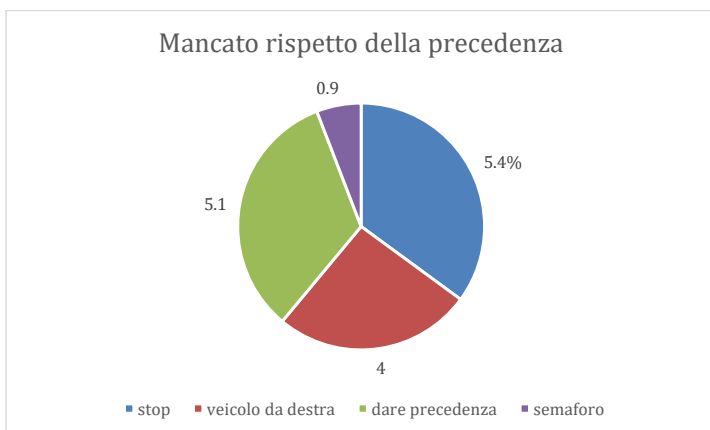
Per quanto riguarda, invece, sostegni e supporti dei segnali, essi sono generalmente di metallo, devono essere protetti contro la corrosione e devono garantire la stabilità del segnale.

La durata dei segnali verticali dipende dalla qualità delle pellicole rinfrangenti e dalle condizioni ambientali. Ispezioni periodiche ogni 2-3 anni permettono di verificare l'integrità del pannello, quindi l'assenza di ammaccature e di corrosione, la tenuta della pellicola rinfrangente; dunque, che non ci siano distacchi e graffi, e che sia mantenuta la visibilità notturna.

3. Contributo della Segnaletica alla Sicurezza Stradale

A livello europeo e internazionale, istituzioni come l'European Commission Road Safety Observatory [3] e l'OECD/ITF [4] promuovono ricerche e linee guida per uniformare gli standard di sicurezza dei vari Paesi, evidenziando come la segnaletica stradale sia uno dei fattori chiave per ridurre la sinistrosità sulle strade. Studi internazionali dimostrano che una segnaletica ben mantenuta riduce il rischio di incidenti fino al 30%.

Anche le analisi dell'ISTAT riportano elevate percentuali di incidenti per motivi legati alla segnaletica stradale [27]. Dai dati del 2023 emerge che sulle strade urbane la prima causa di incidente stradale è il mancato rispetto di dare precedenza e semafori (15,4%).



Commentato [FD1]: Aggiungere articolo "STUDIO DELL'EFFETTO DELLA SEGNALETICA SULL'INCIDENTALITÀ STRADALE" in particolare sul fattore contributivo relativo al tasso di incidentalità



Regione Toscana

Altri casi degli di nota sono svolte irregolari (2,5% su strade urbane), guida contromano (3% su strade extraurbane), sorpassi irregolari (1,9% su strade urbane e 2,4% su strade extraurbane), mancata precedenza al pedone sugli attraversamenti (4,5% su strade urbane).

Da uno studio condotto su incidenti avvenuti tra il 2003 e il 2005 in un campione di 15 rotatorie su strada urbana nella città di Napoli [28] è emerso che la segnaletica è stata un fattore contributivo del 70,7% degli incidenti. Nello specifico la segnaletica orizzontale è risultata un fattore contributivo del 62,6% degli incidenti e quella verticale del 56,1%, inoltre la segnaletica è stata l'unico fattore nel 9,8% dei casi. Basandosi sui risultati ottenuti, si stima che il miglioramento della segnaletica può ridurre l'incidentalità di circa il 40%.

La segnaletica stradale, sia orizzontale che verticale, incide direttamente sulla sicurezza, poiché riduce l'incertezza degli utenti della strada e favorisce comportamenti di guida più corretti e prudenti [3][4]. Una segnaletica chiara, adeguatamente posizionata e mantenuta in buono stato aumenta il tempo di reazione dei conducenti, consente loro di prendere decisioni tempestive e sicure e riduce il rischio di collisioni.

Diversi studi hanno analizzato l'impatto della qualità e della visibilità delle marcatore stradali sulla riduzione degli incidenti [8][23], evidenziando come un elevato grado di retro-riflettività, combinato con una corretta progettazione, sia determinante per garantire la sicurezza soprattutto in condizioni critiche (guida notturna o in condizioni meteo avverse). Analogamente, cartelli verticali ben progettati e posizionati, con testi o pittogrammi chiari, risultano essenziali per informare tempestivamente i conducenti sulle condizioni della strada e sulle eventuali restrizioni [6][7].

Una segnaletica orizzontale ben visibile riduce il rischio di manovre errate, al contrario, se sbiadita o addirittura assente, comporta maggiore difficoltà nel mantenere la corsia e il rischio di incidenti aumenta. Uno degli aspetti critici riguarda le strisce pedonali, che, se chiare e ben delineate, rendono gli attraversamenti pedonali più sicuri, riducendo il rischio per i pedoni di essere investiti.

La presenza di segnaletica verticale ben leggibile consente decisione di guida più rapide e sicure, mentre se danneggiata o non leggibile può portare a errori di guida.

Nonostante possano sembrare accessori, i pannelli integrativi risultano fondamentali per la prevenzione e l'incremento della sicurezza. Essi forniscono informazioni precise sulle condizioni della strada che consentono agli utenti di adeguare il loro comportamento a ciò che si aspettano e ad avere reazioni più rapide, questo riduce il rischio di incidenti e migliora la scorrevolezza del traffico. Risultano particolarmente efficaci in condizioni di scarsa visibilità o



Regione Toscana

traffico, in quanto rendono l'utente consapevole della conformazione della rete stradale e delle condizioni che si troveranno davanti.

L'attenzione va posta anche sulla segnaletica temporanea per i cantieri stradali [26]. Dallo studio dei dati rilevati dall'Inail sulle strade italiane tra il 2013 e 2020, è stato evidenziato che su oltre 800 incidenti stradali (con almeno un pedone ferito, durante lavori sulla carreggiata e almeno un veicolo coinvolto), il 60% dei casi è dovuto alla carenza della segnaletica, mentre in caso di cantieri correttamente segnalati, la percentuale scende al 40%. Gli incidenti più frequenti sono l'investimento dei lavoratori o di persone estranee al cantiere e la collisione tra veicoli in transito e macchine operatrici. La presenza di segnaletica temporanea consente agli utenti della strada di assumere un comportamento adeguato alle anomalie e alla consapevolezza della presenza di un cantiere, rappresenta quindi un importante mezzo di prevenzione degli incidenti.

Un aspetto fondamentale ai fini della prevenzione ed evitamento di incidenti stradali e dell'incremento della sicurezza è la leggibilità dei segnali in ogni condizione. Per questo, l'utilizzo di materiali di alta qualità e una manutenzione regolare sono fondamentali per garantire l'efficacia della segnaletica.

È importante prevenire la rapida usura della segnaletica e la possibilità di danneggiamento dei cartelli verticali dovuto a vandalismo e urti, oltre a ispezioni periodiche obbligatorie per migliorare monitoraggio e garantire un'adeguata manutenzione.

I materiali utilizzati giocano un ruolo centrale per quanto riguarda la condizione di usura e la corretta visibilità e leggibilità dei segnali.

Per quanto riguarda la segnaletica orizzontale è decisivo incrementare la visibilità notturna e in condizioni meteorologiche avverse. Uno dei pilastri della sicurezza stradale è l'utilizzo di materiali che consentono la **retroreflessione**, cioè il fenomeno che si verifica quando i fanali anteriori illuminano la segnaletica e questa riflette i raggi luminosi reindirizzandoli verso la sorgente e rendendoli dunque visibili, che si ottiene aggiungendo delle microsfere di vetro.

In merito alla segnaletica verticale ci sono due aspetti da considerare. Il primo è la stabilità, infatti i sostegni e i basamenti di fondazione devono tenere il cartello ben fermo e tener conto di condizioni come vento forte. Il secondo è la visibilità e leggibilità in ogni condizione di illuminazione. Vengono utilizzate pellicole retroriflettenti che, come per la segnaletica orizzontale, riflettono la luce dei fanali e rendono il segnale visibile, e dunque contribuiscono ad aumentare la sicurezza sulle strade.

Per garantire l'efficacia dei materiali retroriflettenti, la retroriflessione viene misurata tramite strumenti portatili o montati su veicoli. Per il materiale a nuovo, la normativa europea EN12899 prescrive dei valori minimi del Coefficiente di Retroriflessione R_A per una serie di combinazioni di angoli di illuminazione e di osservazione, mentre per il segnale già installato o dopo invecchiamento, la prescrizione riguarda una sola geometria di misura, cioè illuminazione a 5° e osservazione a $12'$ ($0,2^\circ$).



Figura 28: retroriflettometro per segnaletica orizzontale a sinistra e retroriflettometro montato su veicolo a destra - Fonte: <https://www.screeningeagle.com/it/products>

4. Conclusioni

La segnaletica stradale, sia orizzontale sia verticale, rappresenta un elemento fondamentale per il mantenimento della sicurezza e dell'ordine nella circolazione. Dei segnali ben progettati e adeguatamente posizionati forniscono informazioni chiare e immediate a tutti gli utenti della strada, riducono l'incertezza e favoriscono comportamenti di guida più corretti e prudenti.

Affinché la segnaletica risulti davvero efficace, occorre prestare attenzione a diversi aspetti. In primo luogo, la scelta dei materiali: adottare vernici e pellicole rifrangenti di alta qualità, resistenti alle condizioni atmosferiche e al passaggio costante di veicoli (specialmente quelli pesanti), assicura una maggiore longevità, riduce la necessità di interventi di manutenzione frequenti e permette di mantenere una buona visibilità nel tempo e in condizioni critiche, come guida notturna o maltempo. In secondo luogo, la corretta installazione e la manutenzione periodica: superfici stradali pulite, assenza di ostacoli che possano oscurare i cartelli, sostituzione tempestiva di segnali danneggiati o sbiaditi, e controlli regolari della retro-riflettività sono tutte azioni indispensabili a preservare la loro funzionalità.



Regione Toscana

Infine, la segnaletica svolge anche un ruolo chiave in prospettiva futura, poiché una marcatura ben leggibile rappresenta un riferimento essenziale non solo per gli automobilisti tradizionali, ma anche per i sistemi di guida assistita e autonoma. Investire in una segnaletica stradale di qualità significa quindi ridurre significativamente i rischi di incidentalità e migliorare l'esperienza di guida per tutti, contribuendo a un ambiente stradale più sicuro ed efficiente.

Bibliografia

- [1] Codice della Strada (D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285).
- [2] Regolamento di esecuzione e attuazione del Codice della Strada (D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495).
- [3] European Commission Road Safety Observatory, 2020.
- [4] OECD/ITF Road Safety Annual Report, 2019.
- [5] Manuale per la Segnaletica Stradale Temporanea, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2020.
- [6] "Materiali per la segnaletica stradale", EGAF – AIIT, Felice Giuliani, 2013.
- [7] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2021), Linee guida per la gestione della segnaletica orizzontale e verticale.
- [8] Faus, M.; Alonso, F.; Fernández, C.; USeche, S.A. Are Traffic Announcements Really Effective? A Systematic Review of Evaluations of Crash-Prevention Communication Campaigns. *Safety* 2021, 7, 66. [CrossRef]
- [9] [Costa, M., Simone, A., Vignali, V., Lantieri, C., Bucchi, A., & Dondi, G. (2014). Looking behavior for vertical road signs. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 23, 147-155.
- [10] Siegmann, P., López-Sastre, R. J., Gil-Jiménez, P., Lafuente-Arroyo, S., & Maldonado-Bascón, S. (2008). Fundaments in luminance and retroreflectivity measurements of vertical traffic signs using a color digital camera. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 57(3), 607-615.
- [11] Wali, S. B., Abdullah, M. A., Hannan, M. A., Hussain, A., Samad, S. A., Ker, P. J., & Mansor, M. B. (2019). Vision-based traffic sign detection and recognition systems: Current trends and challenges. *Sensors*, 19(9), 2093.



Regione Toscana

- [12] Asdrubali, F., Buratti, C., Moretti, E., D'Alessandro, F., & Schiavoni, S. (2013). Assessment of the performance of road markings in urban areas: The outcomes of the CIVITAS Renaissance Project. *The Open Transportation Journal*, 7(1).
- [13] Burghardt, T. E., Mosböck, H., Pashkevich, A., & Fiolčić, M. (2020). Horizontal road markings for human and machine vision. *Transportation research procedia*, 48, 3622-3633.
- [14] Migletz, J., Graham, J. L., Harwood, D. W., & Bauer, K. M. (2001). Service life of durable pavement markings. *Transportation Research Record*, 1749(1), 13-21.
- [15] Zhang, Y., & Wu, D. (2006). Methodologies to predict service lives of pavement marking materials. In *Journal of the Transportation Research Forum* (Vol. 45, No. 1424-2016-117899, pp. 5-18).
- [16] Sitzabee, W. E., Hummer, J. E., & Rasdorf, W. (2009). Pavement marking degradation modeling and analysis. *Journal of infrastructure systems*, 15(3), 190-199.
- [17] Hummer, J. E., Rasdorf, W., & Zhang, G. (2011). Linear mixed-effects models for paint pavement-marking retroreflectivity data. *Journal of transportation engineering*, 137(10), 705-716.
- [18] Wang, C., Wang, Z., & Tsai, Y. C. (2016). Piecewise multiple linear models for pavement marking retroreflectivity prediction under effect of winter weather events. *Transportation Research Record*, 2551(1), 52-61.
- [19] Babić, D., Šćukanec, A., Babić, D., & Fiolčić, M. (2019). Model for predicting road markings service life. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 14(3), 341-359.
- [20] Pike, A. M., & Bommanayakanahalli, B. (2018). Development of a pavement marking life cycle cost tool. *Transportation research record*, 2672(12), 148-157.
- [21] Cruz, M., Klein, A., & Steiner, V. (2016). Sustainability assessment of road marking systems. *Transportation Research Procedia*, 14, 869-875.
- [22] Burghardt, T. E., Pashkevich, A., & Żakowska, L. (2016). Influence of volatile organic compounds emissions from road marking paints on ground-level ozone formation: Case study of Kraków, Poland. *Transportation Research Procedia*, 14, 714-723.
- [23] Carlson, P. J., Park, E. S., & Kang, D. H. (2013). Investigation of longitudinal pavement marking retroreflectivity and safety. *Transportation research record*, 2337(1), 59-66.
- [24] Autoscuola Universitaria. (n.d.). Segnali e cartelli stradali: le due categorie principali.



Regione Toscana

[25] European Cooperation in the Field of Scientific, and Technical Research (Organization). *COST 331: Requirements for Horizontal Road Marking: Final Report of the Action*. Vol. 331. Office for Official Publications of the European Communities, 1999.

[26] Pireddu A. (Dit), Bruzzzone S. (Istat). *La segnaletica temporanea per cantieri stradali*. INAIL 2022.

[27] <https://www.istat.it/comunicato-stampa/incidenti-stradali-in-italia-2023>

[28] Montella, Alfonso; Elefante, A. (2006). Studio dell'effetto della segnaletica sull'incidentalità stradale, pp. 1-20. (Intervento presentato al convegno XXV Convegno Nazionale Stradale dell'Associazione Mondiale della Strada Comitato Nazionale Italiano tenutosi a Napoli nel 4-7 ottobre 2006)