

RIDUZIONE DEL RUMORE FERROVIARIO MEDIANTE L'IMPIEGO DI RUOTE A BASSA EMISSIONE ACUSTICA

A. Bracciali¹, E. Mingozi², M. Scepi³

¹ *Università di Firenze - Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali
via S. Marta 3, 50139 Firenze. e-mail: bracciali@ing.unifi.it*

² *Ferrovie dello Stato S.p.A.*

viale S. Lavagnini 58 – 50100 Firenze. e-mail: e.mingozi@trenitalia.it

³ *Lucchini Sidermeccanica S.p.A.*

via G. Paglia 45, 24065 Lovere (Bg). e-mail: m.scepi@lucchini.it

SOMMARIO

Nella generazione del rumore, sia il materiale rotabile che il binario emettono porzioni significative di energia. La riduzione del rumore può essere ottenuta mediante interventi sul percorso di trasmissione sorgente-ricettore, mediante l'impiego di barriere acustiche, o mediante interventi sulle sorgenti. Quest'ultima metodologia è preferibile per numerosi motivi, fra i quali quello economico è senz'altro preponderante.

Recentemente è stato sviluppato da Lucchini un trattamento da applicare alle ruote di sale con frenatura a dischi che ha fornito buoni risultati. Il trattamento è stato valutato dall'istituto italiano di ricerca e di certificazione ferroviaria (Italcertifer).

Nella memoria vengono descritti il principio di funzionamento e le modalità di applicazione del trattamento, i risultati ottenuti durante la sperimentazione in linea dei prototipi condotta dall'Università di Firenze e le applicazioni attualmente in corso di realizzazione.

Il dispositivo consente di ottenere riduzioni dell'ordine di 4÷5 dB(A) a 7.5 m per velocità comprese fra 200 e 300 km/h, risolvendo in molti casi il problema del superamento dei limiti imposti dalle normative vigenti.

1. INTRODUZIONE

La lotta verso la riduzione del rumore ferroviario richiede un approccio sistematico che coinvolge numerosi soggetti indipendenti (amministrazioni ferroviarie, enti locali, autorità sanitarie e giudiziarie, etc.).

In un campo di velocità molto vasto, all'incirca dai 50 km/h ai 250 km/h, è il contatto ruota-rotaia la sorgente prevalente di generazione del rumore. Dalla rugosità delle superfici in contatto e dalle caratteristiche di emissività del binario e del materiale rotabile discende infatti la potenza sonora emessa che investe le persone che vivono o lavorano in prossimità della sede ferroviaria.

Questa corresponsabilità di infrastruttura e materiale rotabile, provata da numerosi studi sull'argomento, rende il problema di ancor più difficile gestione in quanto, come noto, operatori ferroviari e gestore dell'infrastruttura sono indipendenti. Come tutti i problemi di frontiera, è necessario purtroppo un approccio comune al problema in quanto, agendo su una sola sorgente, possono anche non ottenersi risultati ottimali o sufficienti.

Il rumore emesso da un convoglio e percepito a lato di una linea ferroviaria dipende logaritmicamente dalla velocità secondo una legge del tipo $L_p = a + b \log_{10}(v/v_0)$, nella quale il

coefficiente b assume tipicamente valore 30. Quindi, ovviamente, alle alte velocità il livello di pressione sonora percepito a lato della linea raggiunge spesso livelli non compatibili con i limiti di rumorosità ammessi nell'ambiente, a maggior ragione in quelle circostanze (scuole, ospedali) per le quali "il silenzio è d'obbligo".

Studi teorico-numeriche e rilievi sperimentali estensivi mostrano come al variare della velocità il contributo del binario e del veicolo varino. In particolare, alle basse velocità è normalmente il binario che emette maggior rumore, mentre alle alte velocità le ruote sono le maggiori responsabili degli alti livelli di emissione. La velocità di eguaglianza delle sorgenti (si ricorda che, a questa velocità, anche se si potesse *completamente* insonorizzare una sorgente si avrebbe una riduzione di soli 3 dB) dipende dalle particolarità costruttive del binario e delle rotaie; in alcuni studi di letteratura tale valore è piuttosto variabile situandosi fra i 100 ed i 140 km/h.

Da queste brevi considerazioni appare evidente come alle alte velocità il componente sul quale conviene investire sia la ruota. Il beneficio che si ottiene, numericamente rilevante, è anche particolarmente elevato in termini di investimento economico. La misura antirumore finora estensivamente adottata, cioè l'adozione di barriere acustiche, presenta notevoli svantaggi: costi al chilometro molto elevati, impatto visivo notevole e riduzione delle possibilità di evacuazione e di accesso alla sede ferroviaria in caso di incidenti. Il beneficio della barriera è ovviamente limitato al sito nel quale è installata; misure antirumore applicate alle ruote sono invece automaticamente valide ovunque il treno si trovi a circolare.

Lucchini Sidermeccanica ha sviluppato e brevettato una ruota a ridotta emissione acustica, denominata *Syope*, le cui caratteristiche acustiche vengono descritte nella presente memoria. Tale ruota, incidentalmente, riduce drasticamente il rumore di stridio (*squeal noise*) emesso in curve di raggio stretto, rendendo interessante l'uso delle ruote *Syope* anche nelle ferrovie metropolitane e suburbane.

L'emissione sonora della ruota in esercizio è stata misurata dall'Università di Firenze e la sua compatibilità con l'esercizio è stata valutata da Italcertifer.

2. LA RUOTA SYOPE

Le normative per la progettazione e la verifica delle ruote ferroviarie sono divenute sempre più stringenti, portando ad un notevole incremento del costo di progettazione, realizzazione e prova di ogni ruota di nuovo tipo.

Lucchini ha ritenuto pertanto di sviluppare un sistema di riduzione del rumore che potesse essere applicato come *retrofit* al parco di ruote esistenti. Il sistema consiste (figura 1) in un pannello di acciaio di 2 mm, stampato con il medesimo profilo della sezione della ruota, applicato mediante incollaggio con l'interposizione di un polimero viscoelastico sviluppato congiuntamente con 3M Italia. Tale trattamento, dalla massa di circa 9 kg per la ruota standard italiana per alta velocità, può essere applicato a qualunque ruota di rivoluzione frenata a dischi. Il calettamento deve essere preferibilmente effettuato a freddo; nel caso il calettamento a caldo sia assolutamente prescritto è possibile effettuare un riscaldamento ad induzione del solo mozzo, senza compromettere il polimero viscoelastico. Il trattamento richiede superfici nuove e pulite, e pertanto ne è consigliato l'utilizzo solo su ruote nuove, sia di nuova fornitura che di ricambio.

Il grande vantaggio della soluzione *Syope* consiste nel non richiedere alcuna operazione meccanica o modifiche al disegno sulle ruote esistenti che, spesso, appartengono a rotabili già in esercizio e per i quali una riprogettazione ed un cambio delle ruote porterebbe a problemi non indifferenti. Anche il costo aggiuntivo è, rispetto al costo della ruota standard, assolutamente trascurabile in

termini di Costo Totale del Ciclo di Vita (TLCC), dato che il trattamento *Syope* non modifica le normali operazioni meccaniche (torniture) ed ispettive (ispezione visiva, ultrasuoni) che vengono effettuate sulla ruota standard.

Rispetto ad altri trattamenti disponibili a livello poco più che sperimentale, il processo di produzione e montaggio del trattamento *Syope* è definito da procedure di fornitura e controllo dei materiali, procedure di montaggio e procedure di controllo finale ben definiti. Inoltre il processo produttivo della ruota con il dispositivo *Syope* differisce da quello della ruota standard limitatamente alla fase di montaggio dei pannelli metallici.

Lucchini ha pertanto richiesto ad Italcertifer la caratterizzazione acustica e la valutazione del prodotto.

3. LA CAMPAGNA PROVE ED I RISULTATI ACUSTICI DELLA SYOPE

L'occasione per provare in esercizio il comportamento acustico delle ruote *Syope* si è presentata alla fine del 2000 in concomitanza di una campagna prove sull'ETR500 volta a quantificare l'effetto di riduzione sul drag aerodinamico ottenuta mediante l'utilizzo di carenature.

Nell'ambito di tale campagna prove, finanziata dalle Direzioni Tecniche di DB, FS ed SNCF, Trenitalia UTMR ha richiesto all'Università di Firenze di effettuare alcuni tests in linea mediante microfoni posti a 7.5 m dall'asse del binario e con l'attrezzatura montata in boccola e descritta in [1]. I risultati ottenuti hanno peraltro confermato quanto ottenuto da Lucchini in campagne prova precedenti e durante le sperimentazioni in laboratorio.

E' stato utilizzato un ETR500 Politensione nella composizione loco+8 vetture+loco; grande attenzione è stata posta alla realizzazione di tutte quelle condizioni che garantivano la massima omogeneità e ripetibilità delle misure. Non si descrivono in questa memoria alcuni pur interessanti risultati ottenuti dalle misure in boccola (si rimanda il lettore interessato a [2]), dato che gli unici valori di interesse "legale" sono quelli registrati a terra in condizioni ben controllate.

Le misure sono state effettuate in località Renacci, sulla DD Roma-Firenze, da due team di misura indipendenti, e cioè le DB sul binario dei treni dispari e dall'Università di Firenze sul binario dei treni pari (fig. 2). I due set di misura (le misure del team tedesco sono mostrate in [3]) sono perfettamente comparabili, nell'ambito della normale incertezza delle misure acustiche di pass-by ferroviario.

Non si riportano qui tutti i dettagli indicati in una memoria presentata ad un convegno specializzato sulle sale montate [4]; si forniscono solamente i risultati principali indicando le ricadute sull'esercizio quotidiano. Il lettore interessato ai tests di laboratorio è rimandato al lavoro [5].

La composizione del treno è rilevabile in figura 3; sono state effettuate due campagne, con e senza carenature aerodinamiche, che hanno consentito di valutare l'efficacia separata e complessiva dei due accorgimenti (carenature e ruote *Syope*). Le ruote comparate erano state tornite tutte da pochi giorni ed avevano compiuto le percorrenze minime specificate nelle normative prEN ISO 3095 [6]. Incidentalmente, si osserva come la riduzione di rumore derivante dalla semplice tornitura sia dell'ordine dei 3÷4 dB(A), anche se questa contromisura non può essere evidentemente attuata in maniera permanente.

Dalla tabella 1 e dalla figura 4 si evince come, ovviamente, la combinazione delle due misure sia quella che consente di abbattere notevolmente il rumore; se per qualunque motivo (economico, manutentivo, o altro) non si potessero utilizzare ambedue i provvedimenti, si nota come la ruota

Syope offre un miglioramento sempre maggiore di quello offerto dalle carenature. L'efficacia dei trattamenti diminuisce alla velocità di 295 km/h, probabilmente a causa dell'insorgenza di rumore di origine aerodinamica che non è evidentemente riconducibile al contatto ruota-rotaia.

L'effetto delle ruote *Syope*, pertanto, può essere quantificato in circa 4÷5 dB(A) in un range di velocità piuttosto ampio (195÷295 km/h) e di sicuro interesse per il gestore della flotta AV.

4. L'UTILIZZO DELLE RUOTE SYOPE PER RIDURRE LO STRIDIO IN CURVA

Sulla Ferrovia Circumvesuviana, il cui volume di traffico è rilevante e che peraltro opera in prossimità del mare con i ben noti problemi ambientali sui materiali, è stato installato un set di ruote *Syope* su un convoglio nel luglio del 2000.

E' stato misurato il rumore emesso da due convogli identici (ruote con medesimo diametro e profilo), uno con ruote normali e l'altro con ruote *Syope*. Lo spettro del rumore emesso durante i passaggi in una curva di raggio stretto è mostrato in figura 5; come si può vedere, l'applicazione delle ruote *Syope* ha completamente eliminato lo stridio in curva.

Al momento attuale, alcuni treni completi sono in corso di equipaggiamento con le ruote *Syope*.

5. LA VALUTAZIONE DELLA SYOPE DA PARTE DI ITALCERTIFER

Le sale montate costituiscono uno degli organi di sicurezza più importanti per un rotabile, e qualunque modifica su di esse richiede una procedura di valutazione attenta e puntuale. L'applicazione di sistemi insonorizzanti su ruote esistenti, in particolare, può andare ad influenzare il comportamento strutturale della ruota in quanto essi vengono normalmente fissati con bloccaggi meccanici che richiedono lavorazioni sulla cartella della ruota o nella zona del cerchione (fori, gole, asole, etc.).

Italcertifer ha proceduto alla valutazione della documentazione tecnica fornita da Lucchini Sidermeccanica SpA, 3M Italia SpA e Trenitalia UTMR al fine di valutare il trattamento *Syope* ai fini dell'applicazione ferroviaria in rispetto delle vigenti normative in tema di sicurezza e ambiente.

Per quanto riguarda la ruota, il trattamento *Syope* non richiede alcuna lavorazione meccanica sulla ruota in quanto il pannello preformato viene semplicemente incollato sulla cartella. Da un punto di vista strutturale, pertanto, esso non va ad influire in alcun modo sul comportamento della ruota in esercizio; da questa considerazione cade la necessità di effettuare un nuovo calcolo di progetto / verifica ed relativi tests al banco necessari ogni qualvolta ci si trovi in presenza di una ruota nuova.

L'applicazione con collanti sulla ruota richiede ovviamente la verifica del comportamento meccanico, termico e ad invecchiamento del polimero e dell'adesivo utilizzati. Lucchini e 3M Italia hanno fornito ad Italcertifer evidenze sperimentali sufficienti per ritenere che il pannello non possa staccarsi durante l'esercizio nel periodo di vita della ruota.

Il comportamento in esercizio delle ruote con trattamento *Syope* si è rilevato soddisfacente, dato che dal dicembre 2000 Trenitalia impiega 16 ruote con dispositivo *Syope* su due treni ad alta velocità ETR500 Politensione utilizzati sia per prove in linea, sia nel servizio commerciale; tali rotabili, provati fino a 320 km/h, hanno ad oggi maturato una percorrenza di oltre 400.000 km senza che il dispositivo *Syope* applicato alle ruote abbia evidenziato anomalie di alcun tipo.

CONCLUSIONI

Frutto di un lavoro di ricerca e sviluppo condotto con estrema attenzione alle condizioni finali di utilizzo, al costo del ciclo di vita e, ovviamente, ai risultati ottenibili dall'applicazione, il trattamento *Syope* si propone oggi come un sistema sicuro, efficace, di basso costo, veloce nell'applicazione e rispettoso dell'ambiente che consente, in un lasso di tempo piuttosto breve, di ridurre di un valore considerevole il rumore emesso nell'ambiente sia da treni ad alta velocità che dai treni metropolitani.

La positiva valutazione da parte di un ente certificatore aggiunge un notevole valore al prodotto e ne garantisce l'immediata applicabilità su larga scala anche su rotabili non italiani.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Bracciali, L. Ciuffi, R. Ciuffi: "Metodo Innovativo per la Misura della Rumorosità Esterna dei Convogli Ferroviari", *Ingegneria Ferroviaria* 6, 1994, 317-332.
- [2] A. Bracciali, F. Piccioli: "Experimental analysis of wheel noise emission as a function of the contact point location", 7th IWRN (International Workshop on Railway Noise), Portland, Maine, USA, 2001 (on CD).
- [3] K.G. Degen, A. Nordborg, A. Martens, J. Wedemann, L. Willenbrink and M. Bianchi: "Measurements of high-speed train noise", *Internoise 2001*, Den Hague, The Netherlands (on CD)
- [4] A. Bracciali, M. Bianchi: "Lucchini CRS *Syope*[®] damped wheels noise qualification", 13th International Wheelset Congress, Roma, Italy, 17-21.9.2001 (on CD).
- [5] S. Cervello: "Syope promises quieter running", *Railway Gazette International*, September 2002, 571-575
- [6] prEN ISO 3095:2001: " Railway applications - Acoustics - Measurement of noise emitted by railbound vehicles"

Tab. 1: Livelli di pressione sonora L_{pAFmax} per tutte le soluzioni provate. Ruote standard: media sulle coppie di carrelli 3, 4 e 5; ruote Syope: media sulle coppie di carrelli 6 e 7.

Velocità km/h	Ruote Standard dB(A)	Ruote Standard + carenature dB(A)	Ruote Syope dB(A)	RuoteSyope + carenature dB(A)
190	88.4	86.2 (-2.2)	84.4 (-4.0)	82.8 (-5.6)
235	93.2	90.0 (-3.2)	88.6 (-4.6)	86.5 (-6.7)
260	97.0	91.9 (-5.1)	91.8 (-5.2)	88.3 (-8.7)
295	98.4	94.4 (-4.0)	94.1 (-4.3)	90.8 (-7.6)

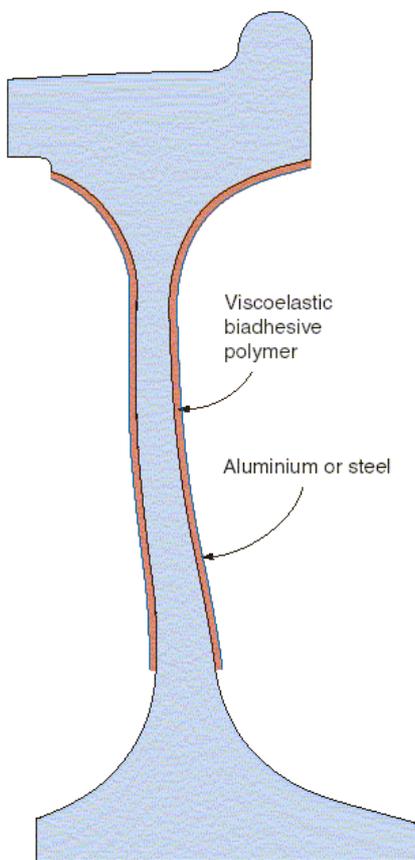


Fig. 1: Schema di principio di applicazione del trattamento *Syope*.

Fig. 2: Campo prova di Renacci (Fi), Ottobre 2000.

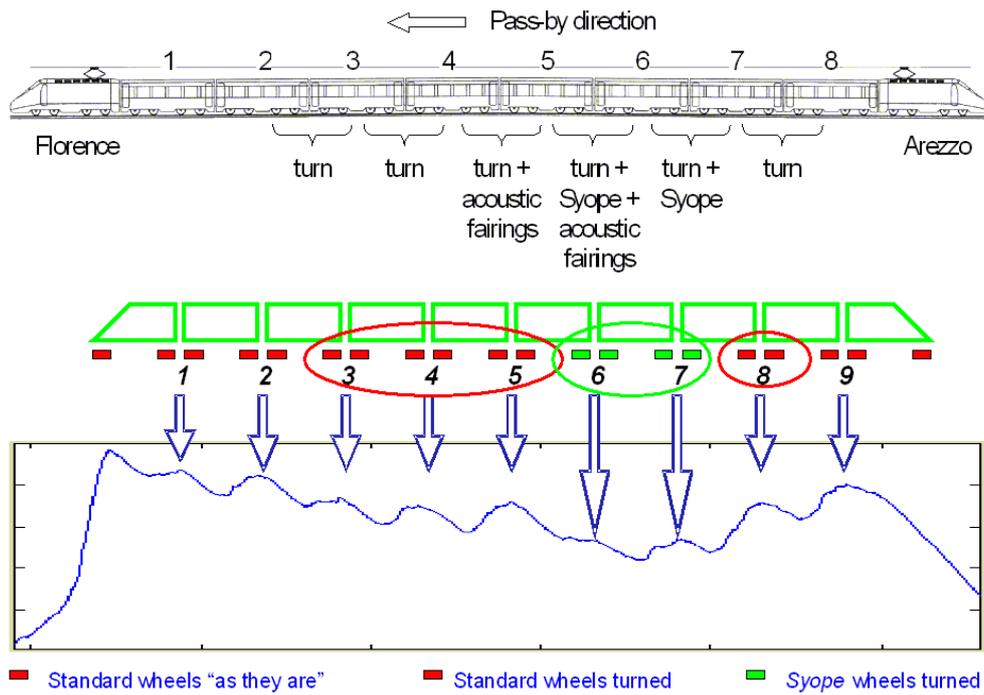


Fig. 3: Composizione del treno prova e andamento tipico del rumore al transito.

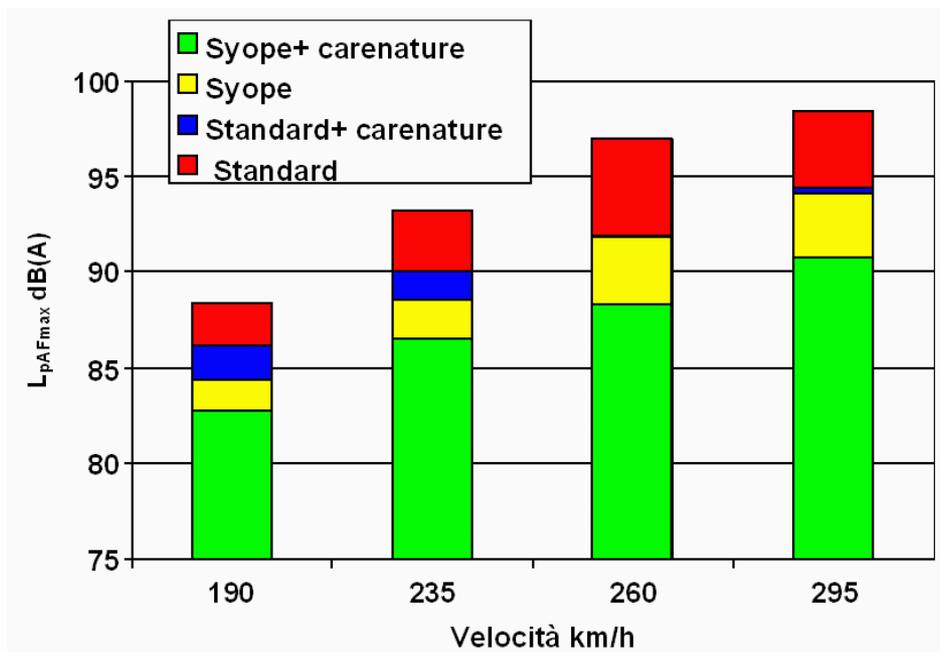


Fig. 4: Rappresentazione grafica dei risultati ottenuti dall'applicazione delle ruote *Syope* e delle carenature.

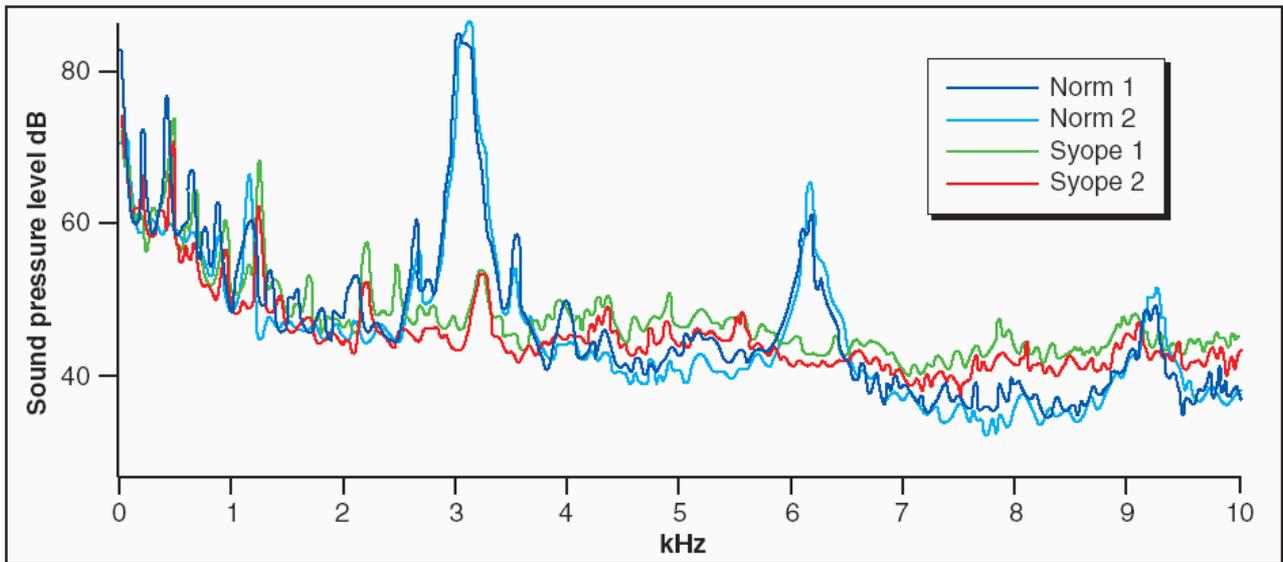


Fig. 5: Spettro in frequenza del livello di pressione sonora in curva di raggio stretto sui convogli Circumvesuviana con e senza ruote *Syope*.