

# **LA BICICLETTA SPORTIVA**

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED  
INERZIALI – SIMULAZIONE DINAMICA**

**Sergio Battaglia, Ivan Damiani,  
Gabriele Virzì Mariotti**



A cura di:  
Sergio Battaglia  
Ivan Damiani

## Indice

Introduzione .....	11
Capitolo 1	
Analisi Storica.....	13
1.1 I concetti generali.....	14
1.2 Gli antenati: il “Celerifero” e la “Draisina” .....	14
1.3 Il primo mezzo di trasporto .....	19
1.4 Il '900 ed il primo boom.....	20
1.5 Campagnolo e la rivoluzione tecnologica.....	22
1.6 L'evoluzione dei materiali .....	23
Capitolo 2	
I concetti fondamentali.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
2.1 Cinematica della bicicletta: vincoli e gradi di libertà .....	27
2.2 Caratteristiche geometriche della bicicletta .....	29
2.3 Baricentro.....	32
2.3.1 Variazione della posizione orizzontale del baricentro .....	34
2.3.2 Variazione della posizione verticale del baricentro .....	34
2.4 Determinazione della posizione del baricentro .....	35
2.4.1 Metodo matematico.....	36
2.4.2 Metodo pratico .....	39
Capitolo 3	
Richiami di meccanica della bicicletta.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
3.1 I concetti generali.....	41
3.2 La coppia cinematica ruota-terreno.....	41
3.3 Stabilità, manovrabilità e maneggevolezza della bicicletta .....	42
3.3.1 L'importanza dell'avancorsa.....	42
3.3.2 L'importanza dell'interasse.....	45
3.4 Movimenti di beccheggio, rollio ed imbardata .....	46
Capitolo 4	
La geometria del telaio.....	48
4.1 Nomenclatura .....	49
4.2 Geometria e posizione.....	50
4.3 Misura del telaio: diversi modi .....	50
4.5 Altre caratteristiche geometriche importanti.....	53

4.6 La geometria del telaio: ieri e oggi .....	57
4.7 Lo stile classico .....	57
4.8 Lo stile moderno .....	58
4.8.1 I pro .....	58
4.8.2 I contro .....	58
4.8.3 L'Uci limita i telai sloping .....	59
Capitolo 5	
Il telaio .....	60
5.1 I concetti generali .....	61
5.2 Il tubo piantone .....	63
5.3 Il tubo orizzontale .....	63
5.4 Il tubo obliquo .....	65
5.5 Il tubo di sterzo .....	67
5.6 Il nodo di sella .....	68
5.7 La scatola del movimento .....	68
5.7.1 Passo italiano o passo inglese? .....	68
5.8 I foderi orizzontali o posteriori .....	69
5.9 I foderi verticali o pendenti posteriori .....	71
5.10 I forcellini .....	74
5.11 Il telaio con ruote da 26 .....	77
Capitolo 6	
La forcella .....	778
6.1 I concetti generali .....	79
6.2 Foderi dritti o foderi curvi? .....	80
6.3 La forcella in fibra di carbonio .....	81
Capitolo 7	
Il manubrio .....	82
7.1 I concetti generali .....	83
7.2 I meccanismi di attacco al telaio e la serie sterzo .....	84
7.3 Tipologia tradizionale .....	84
7.3.1 Serie sterzo Tradizionale .....	84
7.3.2 Meccanismo di attacco Tradizionale .....	86
7.4 Tipologia Aheadset .....	87
7.4.1 Serie sterzo Aheadset .....	87
7.4.2 Meccanismo di attacco Aheadset .....	889
7.5 La misura del manubrio .....	89
7.6 La forma del manubrio .....	90

7.7 Aggrapparsi al manubrio.....	91
7.8 Le prolunghe manubrio.....	93
7.8.1 Prolunghe da crono .....	94
7.8.2 Prolunghe a “spinaci”.....	95
7.9 Il nastro manubrio .....	95
Capitolo 8	
I freni.....	97
8.1 I concetti generali.....	98
8.2 I freni.....	98
8.2.1 Freni ad archetto.....	98
8.2.2 U-Brakes .....	99
8.2.3 Cantilever.....	100
8.2.4 V-Brakes .....	101
8.2.5 Freni a disco.....	103
8.3 I pattini .....	104
8.4 Le leve dei freni .....	105
8.5 La manutenzione dei freni.....	106
Capitolo 9	
Il sellino.....	107
9.1 I concetti generali.....	108
9.2 La struttura del sellino.....	108
9.2.1 Il telaio .....	108
9.2.2 Lo scafo.....	109
9.2.3 L'imbottitura.....	109
9.2.4 La copertura .....	111
9.3 Regolare la sella.....	111
9.3.1 Regolazione dell'altezza della sella .....	111
9.3.2 L'orientamento della sella.....	112
9.3.3 Arretramento della sella.....	113
9.4 Il canotto reggisella.....	115
9.4.1 Il Tubo.....	115
9.4.2 La testa.....	117
9.5 Il collarino del reggisella.....	117
Capitolo 10	
Il cambio .....	119
10.1 I concetti generali.....	120
10.2 Il cambio .....	120

10.3 Il deragliatore .....	122
10.3 Cavi e guaine.....	123
10.4 I comandi del cambio .....	123
10.3.1 Il sistema Shimano .....	125
10.3.2 Il sistema Campagnolo.....	126
10.4 Il pacco pignoni.....	126
10.5 Le moltipliche .....	128
10.5.1 La tripla moltiplica.....	128
10.5.2 La compact.....	129
10.6 La guarnitura .....	130
10.7 Come scegliere il rapporto .....	130
10.7.1 Attriti meccanici.....	130
10.7.2 La fisica della leva .....	131
10.8 Rapporti e sviluppo metrico.....	131
Capitolo 11	
Pedali e pedivelle .....	133
11.1 I concetti generali.....	134
11.2 Il pedale.....	134
11.2.1. Il sistema di aggancio.....	135
11.2.2 I pedali Speedplay .....	136
11.2.3 Il corpo del pedale.....	138
11.2.4 L'asse.....	138
11.3 Le pedivelle.....	138
11.3.1 La lunghezza della pedivella.....	138
11.4 Shimano 2004 rivoluziona le pedivelle.....	140
11.5 Ottimizzare la bicicletta .....	141
11.5.1 Analisi laterale .....	142
11.5.2 Analisi frontale.....	143
11.5.3 Analisi sagittale.....	143
Capitolo 12	
La trasmissione .....	144
12.1 I concetti generali.....	145
12.2 Il movimento centrale .....	146
12.3 La catena .....	146
12.3.1 Caratteristiche meccaniche della catena .....	148
12.3.2 Manutenzione della catena.....	149
12.4 Il dente di cane .....	149

Capitolo 13	
Le ruote .....	151
13.1 I concetti generali.....	152
13.2 Gli pneumatici.....	152
13.2.1 Il coefficiente di attrito.....	153
13.2.2 La resistenza al rotolamento .....	154
13.2.3 Lo scorrimento dello pneumatico .....	155
13.2.4 La deriva dello pneumatico .....	156
13.2.5 Scegliere la misura .....	159
13.2.6 Gomme tubolari .....	159
13.2.7 I copertoncini .....	160
13.2.8 La struttura delle gomme .....	161
13.2.9 La tela giusta .....	162
13.2.10 Le mescole .....	162
13.2.11 Il battistrada migliore .....	162
13.2.12 I numeri sulle gomme .....	163
13.2.13 La corretta pressione di gonfiaggio.....	164
13.3 Il cerchio .....	164
13.4 Il mozzo.....	166
13.4.1 Le flangie .....	167
13.4.2 Il corpo centrale .....	167
13.4.3 L'asse.....	167
13.4.4 Il meccanismo di rotazione .....	167
13.4.5 I bloccaggi.....	168
13.4.6 Montaggio radiale .....	169
13.5 I Raggi.....	169
13.6 Le ruote complete.....	170
13.6.1 Le ruote speciali.....	171
13.6.1.1 Ruote lenticolari e a disco.....	172
13.6.1.2 Ruote a razze.....	173
Capitolo 14	
Le curve.....	174
14.1 Concetti generali .....	175
14.1.1 Geometria della curva .....	175
14.1.2 Impostazione sulla bici.....	176
14.2 L'utilizzo dei freni .....	176

Capitolo 15	
Aerodinamica .....	178
15.1 I concetti generali.....	179
15.1.2 Aerodinamica .....	179
15.1.3 La galleria del vento.....	180
15.1.4 Attriti meccanici.....	180
15.2 Effetti del moto delle ruote sull'aerodinamica.....	181
15.3 Analisi del modello aerodinamico .....	182
15.4 Effetti della larghezza della ruota .....	186
Capitolo 16	
L'aderenza.....	189
16.1 Il fenomeno dell'aderenza.....	190
16.2 Aderenza naturale .....	191
16.3 Massa aderente e rapporto d'aderenza .....	192
16.4 Il coefficiente d'aderenza.....	193
16.5 Il cerchio di Kamm .....	193
Capitolo 17	
Le resistenze.....	195
17.1 I concetti generali.....	196
17.2 Analisi delle resistenze al moto .....	196
17.2.1 Resistenza dovuta alla coppia perno-cuscinetto.....	197
17.2.2 Resistenza dovuta alla coppia ruota-terreno .....	198
17.2.3 Resistenza al rotolamento .....	200
17.2.4 Resistenza dell'aria .....	200
17.2.5 Resistenza all'avanzamento .....	201
17.2.6 Resistenza dovuta alla pendenza (di rampa).....	201
17.2.7 Resistenza dovuta alle curve .....	202
17.2.8 Resistenza accidentale.....	203
17.3 Concludendo .....	203
Capitolo 18	
Il moto .....	204
18.1 Fase di avviamento.....	205
18.2 Forze d'inerzia e accelerazione limite .....	205
18.3 Marcia per inerzia .....	206
18.4 Frenatura .....	206
Capitolo 19	



I materiali per il telaio.....	208
19.1 I concetti generali.....	209
19.2 Il telaio ideale per ogni situazione .....	209
19.3 I materiali usati per i telai delle biciclette moderne.....	211
19.3.1 L'acciaio.....	212
19.3.2 L'alluminio .....	214
19.3.3 Il titanio.....	218
19.3.4 La fibra di carbonio.....	219
19.3.5 Il magnesio.....	221
19.3.6 Il berillio.....	221
19.4 Conclusioni .....	221
Capitolo 20	
Calcolo dei carichi .....	223
20.1 Concetti generali .....	224
20.1 Beralcast 363.....	225
20.2 Alluminio 7005 .....	227
20.3 Titanio 3Al – 2,5V .....	227
20.4 Dislivello.....	228
20.5 Caduta .....	228
20.6 Impatto bicicletta-cartellone .....	229
Capitolo 21	
Analisi del telaio della bicicletta.....	231
21.1 Impostazione dello studio dello stato tensionale del telaio...232	
21.2 Scelta del tipo di materiale.....	232
21.3 Simulazione o sperimentazione?.....	233
21.4 Preparazione del modello.....	233
21.5 Codice di calcolo.....	234
21.6 Preparazione della mesh.....	235
21.8 Analisi agli elementi finiti.....	236
21.9 Superamento del dislivello .....	248
21.9.1 Conclusioni sulle sollecitazioni indotte dal dislivello ...248	
21.10 Caduta .....	260
21.10.1 Conclusioni sulle sollecitazioni indotte dalla caduta ...261	
21.11 Impatto con cartellone pubblicitario .....	261
21.11.1 Conclusioni sulle sollecitazioni indotte dall'impatto...272	
21.12 Conclusioni .....	273
Capitolo 22	

Le lavorazioni .....	277
22.1 Le fasi della lavorazione .....	278
22.2 Prime lavorazioni .....	279
22.3 Le lavorazioni finali .....	280
22.4 Forgiatura o Cnc? .....	281
22.4.1 Pro e contro .....	282
Capitolo 23	
La saldatura .....	284
23.1 I concetti generali .....	296
23.2 Preparazione superfici e trattamento giunti saldati .....	298
Appendice	
Tavole .....	290
Bibliografia essenziale .....	295

## Introduzione

Chiunque abbia utilizzato una bicicletta ha avuto esperienza diretta della sua stabilità e, soprattutto, della sua instabilità. Instabilità che si manifesta in molti modi: in discesa quando lo sterzo inizia a sbandare rendendo la bicicletta incontrollabile; perdendo momentaneamente il controllo quando la bicicletta incontra un ostacolo presente sulla strada; non riuscendo a pedalare senza mani sul manubrio.

Essendo la bicicletta un mezzo molto diffuso, spesso utilizzato da ciclisti inesperti, è necessario che essa abbia un comportamento intuitivo, esente da reazioni brusche e improvvise, così da risultare facile e sicura da condurre. È fondamentale per questo conoscere l'influenza che la geometria della bicicletta esercita sulla sua stabilità. Nell'uso agonistico, invece, è di primaria importanza conoscere il legame fra maneggevolezza, manovrabilità e parametri geometrici della bicicletta.

Infatti, secondo la gara da affrontare (su strada, su pista oppure in fuoristrada) e delle condizioni (superfici asfaltate, pavè, sterrato...), il ciclista professionista predilige una bicicletta più stabile, quindi poco influenzata da disturbi esterni, o più maneggevole quindi più rapida nei cambi di traiettoria.

Le modifiche sulla geometria della bicicletta influenzano direttamente la sua stabilità intrinseca (self-stability): queste hanno un impatto immediato sulle sensazioni di maneggevolezza e manovrabilità percepite dal ciclista.

Particolare attenzione è posta allo studio del telaio, le cui evoluzioni continue sono sintomatiche dell'influenza che questo presenta sulle prestazioni del ciclista, non tralasciando l'analisi di tutti quegli elementi che costituiscono la bicicletta.

Si inizia riassumendo le ricerche storiche condotte sulla bicicletta, dalle origini ai giorni d'oggi, spingendosi anche oltre verso il futuro. Si introducono poi i concetti fondamentali della bicicletta, nonché i parametri geometrici fondamentali quali baricentro e tensore d'inerzia.

L'interazione della ruota col terreno, ma anche con il ciclista sono analizzate nel terzo capitolo. Beccheggio, rollio ed imbardata sono i classici moti che interessano il mezzo (bicicletta) e chi lo usa

(ciclista). Successivamente si studia la geometria del telaio, passando per biomeccanica e bicicletta su misura; si analizzano tutti gli elementi che lo costituiscono e si dà anche un piccolo consiglio di come fare a realizzare un telaio di bicicletta in composito in casa, risparmiando.

Nel capitolo dal sesto al tredicesimo si analizzano le parti fondamentali che costituiscono la bicicletta, nell'ordine: forcella, sterzo, freni, sellino, cambio, pedivelle, trasmissione e ruote, analizzando gli accessori per una buona prestazione agonistica e gli eventuali pericoli per la salute.

Si passa quindi all'esame delle diverse resistenze al moto in tutte le loro sfumature e della dinamica della bicicletta.

Oggetto di studio dei capitoli dal diciannovesimo in poi è il telaio. Si analizzano i materiali utilizzabili per un buon telaio da bicicletta. I telai considerati sono quelli più all'avanguardia d'oggi, quali acciaio, alluminio, titanio e carbonio. Pregi e difetti, ma anche presenza in commercio d'eventuali leghe, sono ampiamente discussi. Si calcolano i carichi in gioco nei casi analizzati (dislivello, caduta ed impatto con cartellone pubblicitario) e il conseguente comportamento del telaio realizzato nei tre materiali (Beralcast 363, Alluminio 7005 e Titanio 3Al-2.5V) sottoposto alle varie sollecitazioni.

Infine si analizzano le lavorazioni che interessano il telaio della bicicletta, soffermandosi, in particolare, su forgiatura e cnc e la saldatura: tipologie, caratteristiche e confronto tra le varie metodologie di saldature.

## Capitolo 1



## Analisi Storica

## 1.1 I concetti generali

Due secoli di storia e una presenza discreta ma costante. Due ruote, un manubrio, una sella e due pedali: eccola lì la nostra bicicletta, fondamentalmente uguale a se stessa da sempre. Chi avrebbe mai scommesso una lira su di lei, quando, ad inizio di secolo, prese il via la cosiddetta "rivoluzione del motore" con l'avvento del motore a scoppio e delle automobili, che conquistarono in un baleno i favori della gente, apparendo sin da principio come uno dei più validi mezzi di trasporto? Eppure la bicicletta ha resistito, più forte di idee e ideologie crollate dall'oggi al domani sotto la spinta degli eventi storici, concettualmente identica, anche se i moderni prodotti, frutto di una raffinata tecnologia, ben poco hanno a che spartire con il passato, se non l'idea: due ruote, un manubrio, una sella e due pedali.

## 1.2 Gli antenati: il “Celerifero” e la “Draisina”

L'evoluzione della bicicletta inizia intorno al 1790 e dura circa un secolo. Intorno al 1890 si affacciano modelli concettualmente simili a quelli attuali.

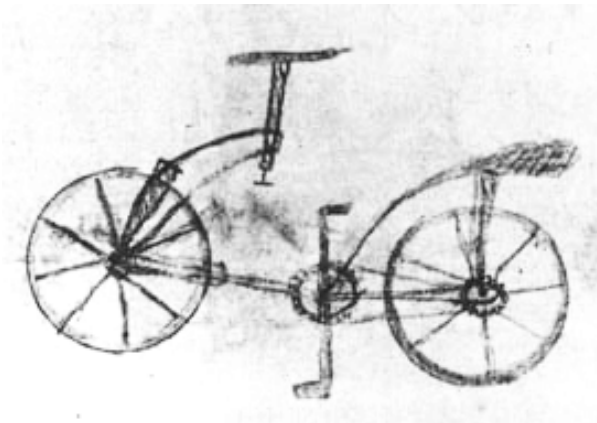


Figura 1.1 Schizzo del modello di Leonardo Da Vinci.

Il primo “modello” di bicicletta apparve molto tempo prima grazie a Leonardo da Vinci (1452-1519).



Figura 1.2 Due immagini relative ad una realizzazione di legno della bici di Leonardo da Vinci.

A dir il vero questa bicicletta non presenta una buona guidabilità poiché l'angolo di sterzo è perpendicolare alla strada. È comunque il sistema di trasmissione a rivelare la genialità dell'idea: esso presenta una moltiplica e la trasmissione a catena per mezzo di una ruota dentata realizzata probabilmente in legno. I due ingranaggi di diversa dimensione collegati a pedali e ruota motrice permettono di ottenere uno sviluppo metrico ben maggiore rispetto alla circonferenza della ruota (motivo per cui, quando la bici fu "reinventata" si andavano a costruire ruote motrici di dimensione esagerata che rendevano anche difficoltosa la guida e piuttosto pericoloso l'utilizzo).

Su un foglio del *Codice Atlantico* (di Leonardo da Vinci) è stato trovato uno schizzo di velocipede con trasmissione a catena e demoltiplica (che sarà introdotta solo intorno al 1885).

A Stoke Poges, nel Buckinghamshire, sulle vetrate di una chiesetta del 1642 è raffigurato un angelo seduto su una trave a forma di cavalluccio marino, appoggiata su due ruote.



Figura 1.3 Il celerifero.

I primi mezzi effettivamente prodotti, di cui si ha notizia, risalgono a de Sivrac, un aristocratico di Parigi. Nel 1791 egli realizzò il "*celerifero*": due ruote di legno a sei raggi unite da una trave (una



sorta di grande cavalluccio di legno per bimbi). Ci si spingeva facendo leva con i piedi a terra.

Generalmente si considera come legittimo capostipite della bicicletta il modello che il barone tedesco Karl von Drais presenta a Mannheim (e brevetta) nel 1817. In suo onore fu chiamato "*Draisina*".

L'importante innovazione introdotta era la ruota anteriore sterzante che consentiva di mantenere l'equilibrio senza poggiare i piedi a terra e ovviamente di poter cambiare direzione. La prima corsa di Draisine nel 1819 è stata vinta dal tedesco Semmler: 10 Km in 31' 30".

Intorno al 1840 il fabbro scozzese Kirkpatrick Mac Millan realizza un veicolo con la ruota posteriore motrice più alta di quella anteriore, con pedivelle azionate dall'uomo seduto sulla ruota stessa. Successivamente si aggiunsero i pedali, calettati direttamente sul mozzo della ruota anteriore: non era così più necessario spingersi con i piedi a terra.

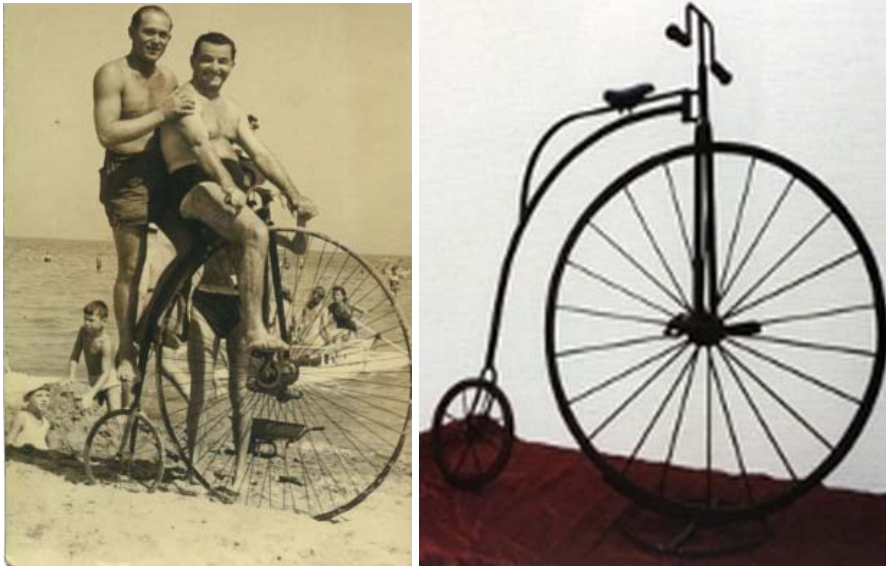


Figura 1.4 Foto dei primi modelli di biciclette.

La paternità dell'invenzione non è sicura (forse fu un tedesco, Philipp Fischer nel 1853 o forse altri ancora), ma il lancio commerciale e la

relativa diffusione è certamente attribuibile ai francesi Pierre ed Ernest Michaux, padre e figlio. Essi realizzarono e misero in vendita i primi modelli a pedale nel 1861, con notevole successo. Il loro principale difetto era il rapporto fisso di 1 a 1 tra i giri della ruota e i giri dei pedali.

In Italia il primo velocipede a tre ruote fece la sua comparsa nel 1869, dall'idea di un orologiaio e fabbricante di pesi. Raimondo Vallani - questo il suo nome - presentò la sua invenzione durante il carnevale di Modena. Vallani lo vendette per duecento lire e da quel momento ne produsse altri.

Lo sviluppo della pedalata, cioè lo spazio percorso in un giro completo della pedivella, in tal caso, dipende solo dal diametro della ruota. Ora, considerando costante la frequenza delle pedalate in marcia normale (circa 1,4 pedalate al secondo, come per una persona che cammina), l'unico modo per aumentare la velocità di spostamento è di aumentare il diametro della ruota su cui è montata la pedivella. Così, i modelli successivi videro la crescita irrefrenabile della ruota anteriore.

Nel 1871 William Hillman e James Starley realizzano il modello "*Ariel*", con la ruota anteriore di circa 1,5 metri di diametro.

Il modello più conosciuto di questo tipo di biciclette è la "*Ordinary*". Intorno al 1870 si ebbe una forte diffusione con migliaia di esemplari in tutto il mondo (cinquantamila nella sola Inghilterra) di tale bicicletta.

Vi erano molti inconvenienti, prima di tutto la frenatura: essendo aumentata la velocità, il freno a pattino sulla ruota posteriore delle vecchie bici era inefficace, per la dimensione minima di tale ruota (ormai serviva solo per l'equilibrio) e per lo scarso peso aderente, tutto spostato in avanti. Sempre James Starley, nel 1874, depositò il brevetto dei raggi tangenti che sono utilizzati ancora oggi.

Quel modello risultava poco pratico e con il costante pericolo del ribaltamento in avanti. L'inglese Henry Lawson, nel 1879, lanciò sul mercato un modello che risolveva sia il problema della velocità sia della sicurezza allo stesso tempo: trazione posteriore tramite catena e corona dentata di demoltiplica. Così il diametro della ruota davanti era "solo" di un metro, inoltre il manubrio e la sella erano leggermente arretrati (più comodi) e si era ottenuta maggior stabilità. Per tutte queste garanzie di sicurezza che il mezzo offriva fu battezzato "*Safety*

*bike*". Commercialmente fu un insuccesso, ma il cammino era tracciato; il successo per tali soluzioni arrivò poco più tardi.

Nel 1884 John Starley (nipote del citato James) e William Sutton realizzarono il "*Rover*" che, con le successive versioni, era ormai molto simile alle bici moderne: ruote quasi uguali e di diametro paragonabile agli attuali, telaio in tubi d'acciaio a trapezio, sterzo diretto, trazione posteriore con catena e demoltiplica, freno a tampone abbastanza potente sulla ruota anteriore. Il record di velocità su strada nella gara tra Brighton e Londra nel 1885, stabilito da una Rover, era di 23 chilometri all'ora.

L'ultimo problema da risolvere era il contatto tra ruote e terreno. Le ruote rigide usate fino ad allora erano molto scomode e trasmettevano interamente le vibrazioni provocate dal terreno. Inoltre il coefficiente di attrito e la relativa resistenza al moto erano elevati.

Nel 1845 Robert Thomson brevettò dei pneumatici che sfruttavano un nuovo materiale, la gomma vulcanizzata, scoperta dall'inglese Charles Goodyear sei anni prima. Nel 1888 lo scozzese John Dunlop brevettò i primi pneumatici in tela gommata riempiti d'aria. Così facendo le biciclette risultavano più veloci e più comodi dei modelli precedenti, ma presentavano tuttavia alcuni difetti: si foravano facilmente e non si riusciva a staccarli dai cerchioni.

I fratelli francesi Edouard e André Michelin nel 1891 inventarono un tubo di caucciù munito di valvola, inserito in un altro più spesso e resistente, facilmente smontabile dal cerchione.

Nel 1896 ci furono altre importanti migliorie: la ruota libera che consentiva di riposare stando fermi sui pedali e i rapporti multipli, per correre in pianura e arrampicarsi in montagna nelle migliori condizioni. Forte di tutte queste innovazioni la diffusione della bicicletta fu enorme (nel 1897, soltanto negli Stati Uniti, furono prodotti due milioni di esemplari).

### **1.3 Il primo mezzo di trasporto**

La bicicletta fu il primo mezzo di trasporto a pagare per poter circolare. Sia che fosse pedalata che condotta a mano, era marcata con una targhetta metallica, fissata al telaio con apposite tenaglette che sigillavano il contrassegno, era cioè "punzonata". Da qui nasce il

termine "punzonatura" adottato ancora oggi per indicare la verifica delle licenze (ormai sulle bici non c'è più controllo formale) nelle gare ciclistiche. Quanto tempo dovrà passare per riscoprire la bici come mezzo di affermazione sportiva, di salute, di trasporto salva-traffico, dopo gli anni del motore e dell'inquinamento indiscriminato! Ma intanto la bicicletta trovava sempre più spazio, soprattutto perché l'industria ne scopriva l'enorme potenzialità di mercato. La prima esposizione in Italia è del 1895 e mobilita l'interesse del prestigioso giornale "Illustrazione italiana". Dopo i primi anni di sola importazione (da Inghilterra e Germania) ecco affacciarsi anche i produttori nostrani. Raimondo Vellani, fabbricante di pesi e misure, fu uno dei precursori a metà 800. Poi, rapidamente l'iniziativa si diffuse: Milano, Monza, Padova, Novara, Firenze, Bologna, Torino, Verona. Si trattava essenzialmente di assemblatori: bicicli e tricicli erano costruiti con materiali provenienti dall'estero. Poi venne Edoardo Bianchi. Siamo nel 1885; la sua bici in ferro a ruote uguali e raggi tangenti fu il cavallo di battaglia per un'escalation straordinaria, fino a raggiungere con la propria azienda la dimensione industriale vera e propria. E sulla sua scia si posero in molti. Orio, Marchand, Ceirano, Maino, Pierantoni. Macchi, Boccardo furono tra i primi costruttori. Olympia, Frera, Lygie, Taurus, Legnano, Atala, Ganna, Gloria, persino la Fiat, furono le prime marche, presto popolarissime. A queste si aggiunsero presto le aziende degli ex corridori: da Dei a Bottecchia, Cimatti, Olmo, giù, giù fino a Moser.

#### **1.4 Il '900 ed il primo boom**

La bicicletta, a causa dei costi elevati, per quanto già abbastanza diffusa, non era certo ancora un mezzo "popolare". Ma presto lo divenne. In soli 8 anni, dal 1905 al 1913 si passa da circa 242 mila biciclette a quasi un milione e mezzo. La fantasia e l'inventiva italiana perfezionano continuamente la "due ruote". A fine 800 Giovan Battista Pirelli inventa il pneumatico continuo (brevetto L. Fini). Ma il "grande boom" verrà dopo, alla fine della guerra. L'Italia degli anni venti rinasce dalle macerie e trova nella bicicletta il primo vero grande mezzo di trasporto popolare. La "spicciola" (questo uno dei soprannomi del mezzo) consente una mobilità individuale mai

raggiunta prima. E', in altri termini, la nascita del "pendolarismo". Contadini, operai, preti, maestri di scuola, postini: nessuno si può sottrarre alla legge del pedale. Negli anni trenta circolano circa 3.600.000 veicoli, in buona parte biciclette. La media nazionale è di una bici ogni 12 abitanti, con punte di una ogni 4 nell' Emilia. Poi c'è ancora la guerra e la bici diventa l'unico mezzo di trasporto possibile.



Figura 1.5 Einstein su una bicicletta.

Fintanto che non sopraggiunge l'automobile, con i deleteri effetti dello sviluppo indiscriminato dei veicoli a motore: le città assediate, l'aria irrespirabile, i problemi di traffico e di parcheggio. Di colpo la bici fa

riscoprire nuovi orizzonti, una dimensione più pulita e meno convulsa della vita quotidiana, riporta le città a misura d'uomo. Nel 900 i miglioramenti della bicicletta riguardarono soprattutto i materiali, sempre più leggeri e resistenti. Di rilievo vi sono state due nuove tipologie di modelli: la prima negli anni cinquanta con la bici pieghevole e di dimensioni ridotte (la "*Graziella*", con circa un milione di esemplari). La seconda novità, grazie anche ai migliori materiali, è tuttora in fase di espansione. Si tratta della "*mountain bike*", modello sviluppatosi negli Stati Uniti negli anni Ottanta e che sta avendo un grosso successo in tutto il mondo. La produzione in Italia di tali modelli rappresenta al momento il 43 % del mercato totale (la produzione italiana complessiva nel 1994 era di 2.400.000 cicli, nel 1990 si arrivò a 3.500.000 unità, con una buona esportazione). Sebbene tale modello sia stato concepito per l'uso in "condizioni estreme", (pendenze elevate, strade non asfaltate o sentieri), è apprezzato da molti anche in città: comodo e maneggevole, dotato di ruote larghe, non veloci, ma che consentono di affrontare con maggior sicurezza ostacoli come i binari ed i marciapiedi, e di ridurre lo spazio di frenata. Alcuni accorgimenti studiati per la mountain bike sono poi stati utilizzati sulle bici tradizionali (come la leva del cambio al manubrio). L'evoluzione tecnologica è tuttora in corso, ad esempio per le forcelle dotate di ammortizzatore.

### **1.5 Campagnolo e la rivoluzione tecnologica**

Il progresso ha perfezionato ed affinato il mezzo, senza tuttavia mutarlo sostanzialmente. I momenti più significativi furono principalmente due: il 1930, quando Tullio Campagnolo inventò il cambio "a bacchetta", che metteva la parola fine alla necessità di arrestarsi, smontare la ruota e girarla, per cambiare rapporto (la ruota posteriore aveva un pignone per parte); ed il 1984, quando comparvero le prime ruote "lenticolari", destinate ad entrare nella storia con i prodigiosi record di Francesco Moser. Poi fu il momento della ricerca aerodinamica della posizione più "penetrante": dai manubri alla "Lemond" con protesi per sdraiarsi sempre più sulla bici, alla bici-trespole con cui Obree (e lo stesso Moser a dieci anni di distanza dal suo primo tentativo) ha frantumato i record dell'ora. La

ricerca non si è mai fermata. Vincolata ai rigidi dettami del regolamento internazionale che ne fissava geometrie e dimensioni di base, per la bicicletta non è rimasto che cercare il progresso nei materiali.

## 1.6 L'evoluzione dei materiali

La differenziazione dei materiali è avvenuta piuttosto di recente nei telai per bicicletta. Si analizzano adesso i principali materiali utilizzati per la realizzazione dei telai.

- *Il Legno.* In legno erano realizzati i primi celeriferi di metà-fine '800.
- *Acciaio.* Si può affermare che il primo materiale è stato l'acciaio. E lo è stato per tantissimi anni, dato che le scelte differenti appartengono agli ultimi 20-25 anni. Con l'acciaio si procede per saldobrasatura: i tubi vengono posti in congiunzioni dentro cui poi viene fatto scorrere il materiale di saldatura differente dal materiale che compone tubi e congiunzioni. Questa lavorazione permette un notevole controllo degli angoli poiché nelle congiunzioni rimane un certo gioco prima di bloccare tutto con la saldatura definitiva.
- *Anni '80, altri materiali.* Negli anni '80 si è cominciato a ricercare materiali più leggeri dell'acciaio. Lo stesso acciaio ha subito delle evoluzioni (tuttora continuano ad uscire nuove soluzioni) per ottenere un grano ancora più fine e resistenze superiori anche con spessori da velo di cipolla. L'industria russa iniziò a produrre tubazioni in titanio fornendo ai corridori telai verniciati per non far notare il nuovo materiale. Al tempo stesso si iniziò a lavorare anche su alluminio e fibra di carbonio.
- *Il problema delle saldature.* Il limite di questi materiali, però, era nelle tecniche di giunzione dei tubi. Titanio e alluminio non possono essere saldati con il *fillet brazing* e si ricorse al *TIG*, ma i primi risultati furono piuttosto scadenti. La saldatura ad arco elettrico, per via delle temperature elevate che sviluppava,

rischiava di compromettere la qualità del materiale da saldare facendogli perdere le caratteristiche meccaniche per cui era stato scelto. Inoltre se nella saldatura erano coinvolti altri elementi (ossigeno e impurità varie presenti nell'aria) la tenuta non era affidabile e si rischiavano clamorosi cedimenti.

- *Incollaggio del carbonio.* Anche con il carbonio le cose non andavano meglio. I primi tubi di fibra venivano uniti con congiunzioni in alluminio, avvitati e incollati al loro interno. Non isolando elettricamente i due materiali, però, si innescavano flussi galvanici che, nel tempo, comportavano la corrosione del collante e il cedimento della struttura. Verso la fine degli anni '80 arrivarono dall'America i primi telai in alluminio (apparivano buffi con i tubi di sezioni molto più ampie rispetto a quel che si era abituati con l'acciaio) saldati a TIG e affidabili.
- *Alluminio per tutti.* Risolti i problemi legati alla saldatura, la corsa all'alluminio era partita. Il successo dell'alluminio è dovuto anche al basso costo del materiale ed alla sua notevole malleabilità che comporta costi di lavorazione più bassi dell'acciaio. Al tempo stesso si affinarono anche le tecniche di lavorazione dei compositi. I problemi delle giunzioni furono risolti adottando isolanti specifici nei collanti ma vennero anche realizzati telai in monoscocca, realizzati interamente in carbonio in uno stampo unico tramite lavorazione termica e a pressione in autoclave.
- *Prende piede la fibra di carbonio.* Il carbonio, dalla metà degli anni '90, è stato anche utilizzato insieme all'alluminio. I telai in lega erano rigidi, ma anche troppo "duri", con conseguenti problemi di scomodità per via delle vibrazioni ad alta frequenza che trasmettevano direttamente al ciclista (la bici da corsa non è ammortizzata). Il problema era anche legato alla geometria del telaio; erano anni in cui si prediligevano telai con angoli molto azzardati che risultavano scattanti ma scomodi sulle lunghe distanze. La scelta di tubi posteriori in carbonio servì, dunque, a mitigare la durezza dell'alluminio. Il carbonio, opportunamente lavorato, è rigido ma ha un modulo elastico che gli permette di assorbire le vibrazioni senza rovinarsi nel tempo e invecchiare.



Intanto arrivarono anche telai in carbonio con congiunzioni pure in composito. Questo permetteva di realizzare un telaio interamente in fibra e con misure personalizzate, cosa altrimenti impossibile con i telai monoscocca che richiedono uno stampo (molto costoso) per ogni taglia.

- *Il titanio.* Parallelamente correva l'evoluzione del titanio. Le nuove tecnologie hanno permesso (una volta affinata, anche qui, la tecnica di saldatura) di lavorare leghe di titanio sempre più robuste a costi accettabili. Il titanio rimane comunque un mondo a sé proprio per i costi mediamente più alti di un buon 30 per cento rispetto ad altri materiali. Il vantaggio però c'è: è praticamente immortale.
- *Concludendo.* Al momento attuale stiamo assistendo ad una massiccia diffusione della fibra di carbonio. L'industrializzazione dei processi ha permesso un abbattimento notevole dei prezzi rispetto a qualche anno fa. I costruttori italiani, forti di questo materiale, stanno avendo un successo notevole in America dove il mercato è alla ricerca di soluzioni raffinate. Inoltre la raffinazione di nuovi tipi di acciaio ha portato a competere, in peso, con i migliori telai in alluminio. Ovviamente delle differenze restano.
- *Il magnesio.* Negli ultimi 3-4 anni, infine si è affacciato un nuovo materiale: il magnesio. Sta maturando lentamente, ma i risultati sono interessanti. La rigidità è superiore all'alluminio anche se lavorarlo è difficile. Tende ad incendiarsi facilmente ed è anche molto sensibile alla corrosione. Per questo deve essere trattato dentro e fuori una volta completato l'assemblaggio del telaio. Sulla durata nel tempo di questo materiale è presto per dare giudizi, visto che i primi telai sono ancora piuttosto giovani.

Capitolo 2



I concetti fondamentali

## 2.1 Cinematica della bicicletta: vincoli e gradi di libertà

La bicicletta è un complesso di componenti collegati tra loro attraverso vincoli che ne regolano i gradi di libertà. La possiamo schematizzare come se fosse suddivisa in quattro corpi rigidi.

Il primo di questi comprende il telaio e la sella, cioè parti tutte fissate tra loro con vincoli che non lasciano liberi alcun grado di libertà. Il secondo è costituito dalla forcella anteriore, il canotto di sterzo ed il manubrio, anch'essi fissati tra loro a formare un'unica struttura. Il terzo è rappresentato dalla sola ruota posteriore che già di per se è un complesso di componenti mutuamente vincolati in posizioni fisse, quali il mozzo, il cerchio, la camera d'aria, e lo pneumatico. Infine il quarto ed ultimo è la ruota anteriore per la quale valgono analoghe considerazioni.

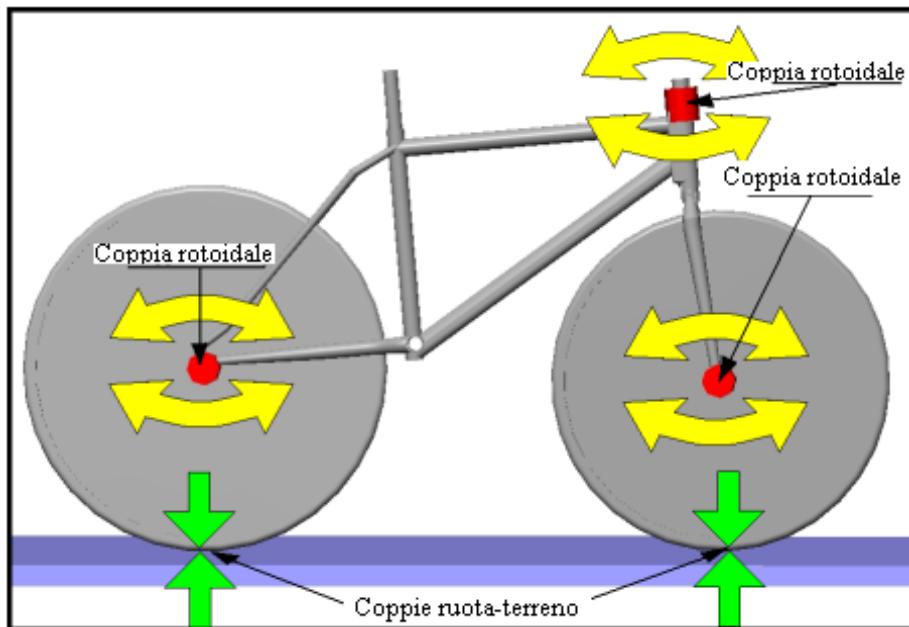


Figura 2.1 Schema dei vincoli.

La ruota anteriore è calettata sull'avantreno ed ivi vincolata mediante una coppia rotoidale, ma al tempo stesso è anche collegata al suolo mediante una coppia ruota-terreno. La ruota posteriore è calettata sul retrotreno ed ivi vincolata mediante una coppia rotoidale ma è anch'essa vincolata al suolo mediante una coppia ruota-terreno. Infine il retrotreno e l'avantreno sono tra loro collegati mediante un'altra coppia rotoidale.

Poiché i corpi che compongono la bicicletta sono quattro, ciascuno di loro possiede nello spazio sei gradi di libertà, per un totale di 24 g.d.l. I vincoli della struttura sono tali da lasciare liberi dei g.d.l. e da impedirne altri; in particolare le tre coppie rotoidali permettono solo un reciproco moto di rotazione tra le parti che uniscono e quindi solo un grado di libertà ciascuno, impedendone ben 5. In totale le coppie rotoidali impediscono 15 possibilità di movimento tra le parti vincolate mediante essi.

Infine vi sono le due coppie ruota-terreno che, in ipotesi di moto di puro rotolamento, lasciano liberi 3 g.d.l. ciascuno inibendone altrettanti, quindi impediscono in totale 6 possibilità di movimento. Sommando questi ai 15 impediti dalle coppie rotoidali se ne otteniamo 21, che sottratti ai 24 g.d.l della bicicletta, lasciano solo 3 possibilità di movimento:

1. moto di avanzamento longitudinale (moto in avanti ed indietro);
2. moto di rollio attorno all'asse congiungente i punti di contatto con il piano (inclinazione a destra e a sinistra della bicicletta);
3. moto dello sterzo (moto che stabilisce la direzionalità della bicicletta).

Tuttavia bisogna fare una precisazione. La limitazione della bicicletta a questi soli tre gradi di libertà è un'idealizzazione che scaturisce da una ipotesi semplificativa fatta a proposito delle coppie ruota-terreno; infatti il moto è stato supposto di puro rotolamento, ossia senza slittamento tra pneumatici e piano stradale. Non considerando verificata l'ipotesi fatta e ricalcolando i g.d.l. totali della bicicletta, si ottengono in totale ben 7 movimenti possibili:

1. moto di avanzamento longitudinale (moto in avanti ed indietro);

2. moto di rollio attorno all'asse congiungente i punti di contatto con il piano (inclinazione a destra e a sinistra della bicicletta);
3. moto dello sterzo (moto che stabilisce la direzionalità della bicicletta).
4. slittamento della ruota anteriore in direzione longitudinale (durante frenata);
5. slittamento della ruota posteriore in direzione longitudinale (spinta o frenata);
6. slittamento laterale della ruota anteriore;
7. slittamento laterale della ruota posteriore.

## 2.2 Caratteristiche geometriche della bicicletta

Si è detto della bicicletta dal punto di vista cinematico, adesso ci si addentra più nello specifico esaminandola da un punto di vista prettamente geometrico per meglio valutarne il comportamento durante il moto. Si possiamo elencare qui di seguito le principali caratteristiche geometriche che influenzano il moto della bicicletta:

- Avancorsa (*trail*);
- Avancorsa normale (*mechanical trail*);
- Avanzamento dello sterzo (*rake*);
- Passo (*wheelbase*);
- Angolo d'inclinazione dell'asse sterzo;
- Angolo d'inclinazione degli steli forcella rispetto all'asse sterzo;
- Raggi delle ruote e anteriore e posteriore.

L'*avancorsa* tra tutti è il più importante ai fini del moto, ma anche della stabilità della bicicletta. Focalizzando l'attenzione sulla ruota anteriore di una bicicletta, si immagini di tracciare una retta passante per l'asse di sterzo che intercetta il piano orizzontale in un punto indicato con B; si tracci un'altra retta passante per l'asse della ruota anteriore e perpendicolare al piano che lo intercetta così in un punto

indicato con  $A$ . L'avancorsa è la distanza calcolata sul piano tra i punti  $A$  e  $B$  (v. Fig. 2.2).

A seconda se  $B$  si trova davanti ad  $A$ , come in figura 2.2, si dirà che vi è un'avancorsa *positiva*, se invece  $B$  si trova dietro  $A$  è il caso di *avancorsa negativa*, ed infine se  $A$  e  $B$  coincidono si dice che vi è *avancorsa nulla*. È possibile calcolare l'avancorsa mediante la relazione:

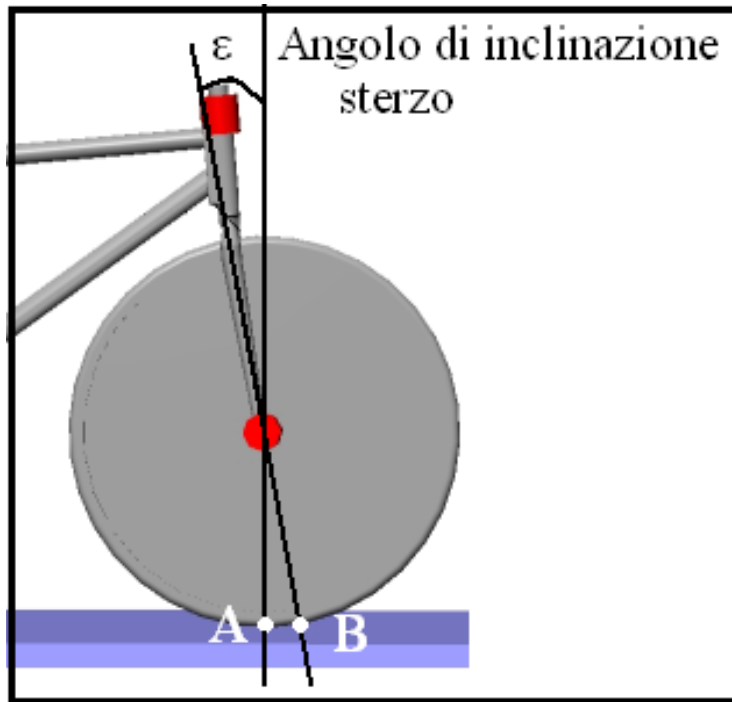


Figura 2.2 È possibile vedere i punti  $A$  e  $B$  determinati dalle intersezioni tra le due rette ed il piano orizzontale.

$$a = R_f \cdot \operatorname{tg} \varepsilon \cdot \frac{d}{\cos \varepsilon} \quad (2.1)$$

Ove  $\varepsilon$  è l'inclinazione dell'asse di sterzo,  $d$  è la distanza tra l'asse dello sterzo ed il centro della ruota anteriore (cioè l'avanzamento) ed infine  $R_f$  è il raggio della ruota anteriore.

L'avancorsa normale è invece la distanza tra A e B misurata perpendicolarmente all'asse di sterzo. Si può ricavare la sua espressione in funzione del raggio della ruota  $R_f$ , l'avanzamento  $d$  e l'angolo  $\varepsilon$  :

$$a_n = R_f \cdot \sin \varepsilon \cdot d \quad (2.2)$$

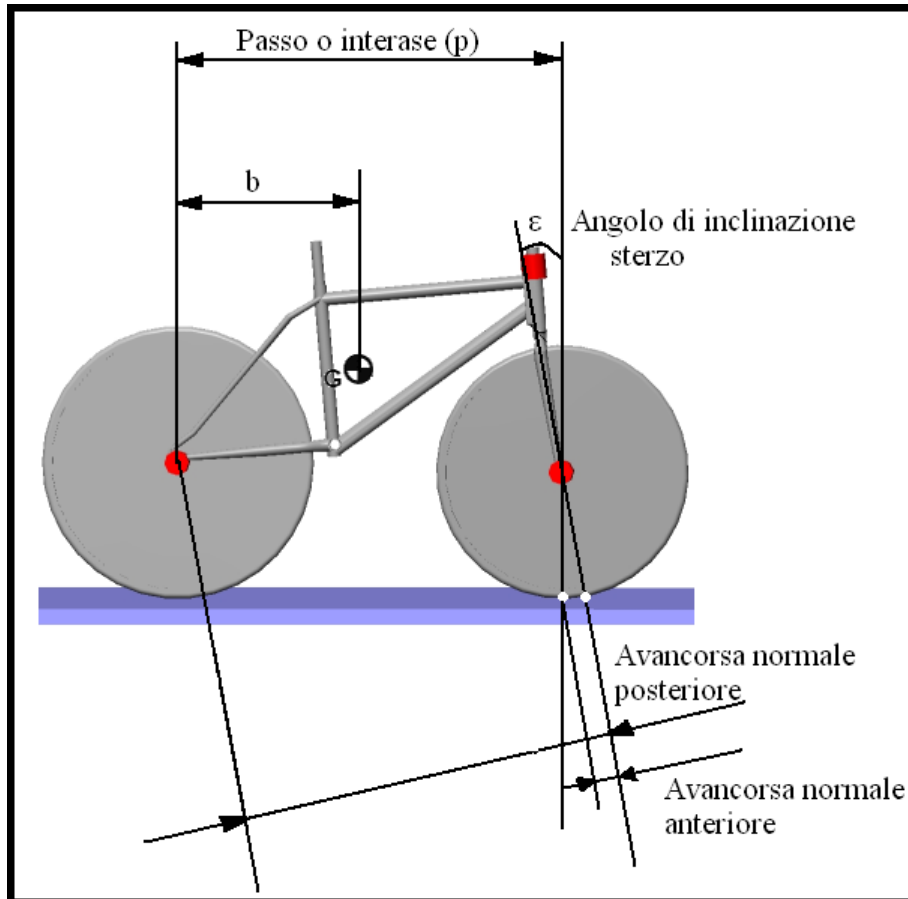


Figura 2.3 Geometria della bicicletta.

*L'avanzamento dello sterzo* è la distanza calcolata perpendicolarmente all'asse dello sterzo, tra quest'ultimo ed il centro della ruota anteriore. Il *passo* è la distanza tra i punti di contatto con il suolo delle due ruote. *L'angolo di inclinazione dell'asse dello sterzo* è quello compreso tra quest'ultimo e la perpendicolare al suolo condotta per il centro della ruota anteriore.

### 2.2.1 Considerazioni sulla interdipendenza delle caratteristiche geometriche

Le caratteristiche geometriche sono tra loro dipendenti ed la variazione di una sola di esse comporta variazioni nel comportamento di tutta la bicicletta.

Per chiarire questo concetto si immagini di sostituire la ruota anteriore con un'altra dal diametro inferiore: la bicicletta si inclina in avanti più o meno vistosamente e quindi ha un'avancorsa inferiore. Per ripristinare l'avancorsa originale si può sostituire la forcella con un'altra con steli più lunghi, ma aumenterebbe l'interasse. Per evitare ciò basta agire sull'asse di sterzo, diminuendone l'inclinazione, tuttavia seguirebbe una nuova riduzione dell'avancorsa rispetto al valore originario.

Una diminuzione o addirittura un annullamento dell'*asse dello sterzo* comporta una diversa sensazione di guida e in frenata provoca grossi problemi di sollecitazioni della forcella, a causa di forti deformazioni torsio-flessionali, pericolose per la guida perché possono innescare forti oscillazioni dell'avantreno, minando la stabilità stessa della bicicletta. L'*interasse* determina la maneggevolezza del veicolo sia in curva che in rettilineo. Se da un lato un passo lungo tra le ruote rende difficile l'inserimento in curva ed aumenta il raggio di percorrenza della stessa, dall'altro diminuisce il trasferimento di carico tra le ruote, riduce il moto di beccheggio e contribuisce grandemente alla stabilità direzionale della bicicletta.

## 2.3 Baricentro

Il baricentro viene definito in fisica come il punto in cui si concentra tutto il peso di un corpo. Per i corpi con forme semplici e



simmetriche e densità uniforme in genere esso è al centro (sfera, cubo, ecc.), ma per gli altri va calcolato caso per caso.

La bicicletta gode di simmetria lungo il piano longitudinale, per cui il baricentro  $G$  giace su di esso; bisogna determinare le due coordinate: verticale (altezza da terra) e orizzontale (posizione rispetto all'interasse  $p$ ).

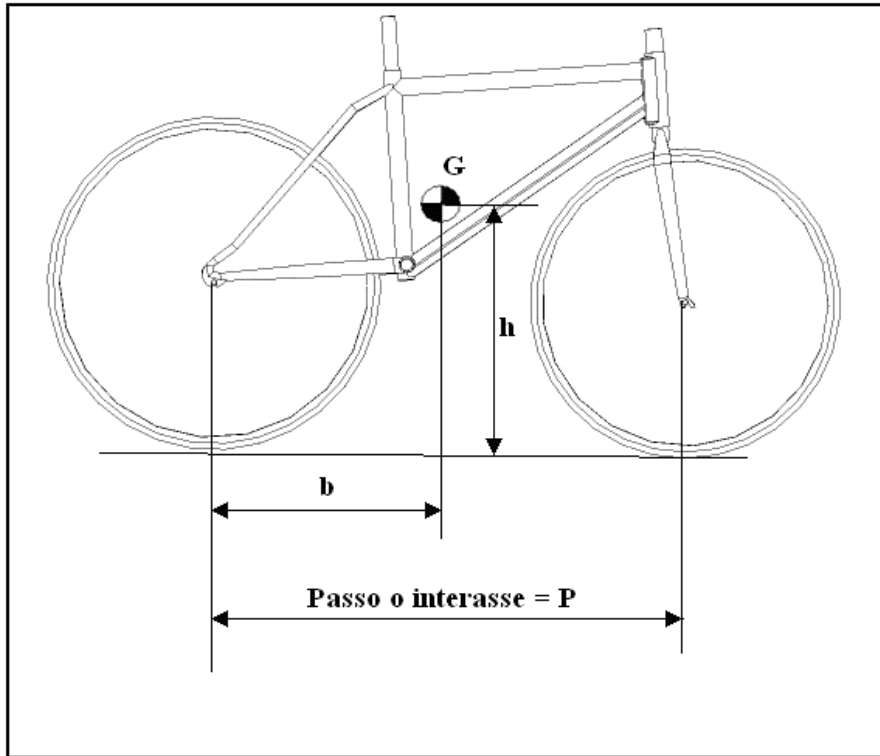


Figura 2.4 Coordinate del baricentro della bicicletta.

La coordinata orizzontale del baricentro si indica con la lettera  $b$  e si definisce come la distanza di esso rispetto al centro della ruota posteriore. Il suo valore varia da zero a  $p$  che è il valore dell'interasse. L'altezza del baricentro (la sua distanza dal piano orizzontale, si indica con la lettera  $h$ ).

È bene chiarire come la posizione del baricentro, sul piano longitudinale, al variare di  $b$  e  $h$ , modifichi il comportamento della bicicletta in accelerazione ed in frenata.

### *2.3.1 Variazione della posizione orizzontale del baricentro*

In fase di accelerazione:

- aumentando il valore di  $b$ , la ruota anteriore tende a restare aderente al suolo ma la ruota posteriore tende a slittare;
- al contrario, invece, diminuendo  $b$  la ruota anteriore tende ad alzarsi da terra mentre la posteriore ha minore tendenza allo slittamento.

In fase di frenata:

- aumentando il valore di  $b$ , la ruota posteriore tende ad alzarsi mentre l'anteriore ha minori possibilità di incorrere in un bloccaggio;
- diminuendo il valore di  $b$ , al contrario la ruota anteriore si blocca facilmente mentre la ruota posteriore ha minore tendenza ad alzarsi. La posizione orizzontale del baricentro determina la distribuzione del peso tra anteriore e posteriore con evidenti conseguenze sulla dinamica della bicicletta. Sta ai progettisti ricercare la soluzione migliore per ogni situazione.

### *2.3.2 Variazione della posizione verticale del baricentro*

In fase di accelerazione:

- riducendo il valore di  $h$ , la ruota anteriore tende a sollevarsi con difficoltà ma aumenta lo slittamento della posteriore;
- al contrario aumentando il valore di  $h$ , la ruota anteriore tende ad alzarsi da terra ma si riduce lo slittamento della posteriore.

In fase di frenata:

- riducendo il valore di  $h$ , diminuisce il rischio che la ruota posteriore possa alzarsi da terra ma si verifica il bloccaggio dell'anteriore.
- al contrario aumentando il valore di  $h$ , la ruota posteriore tende a staccarsi da terra mentre l'anteriore non incorre in bloccaggi.

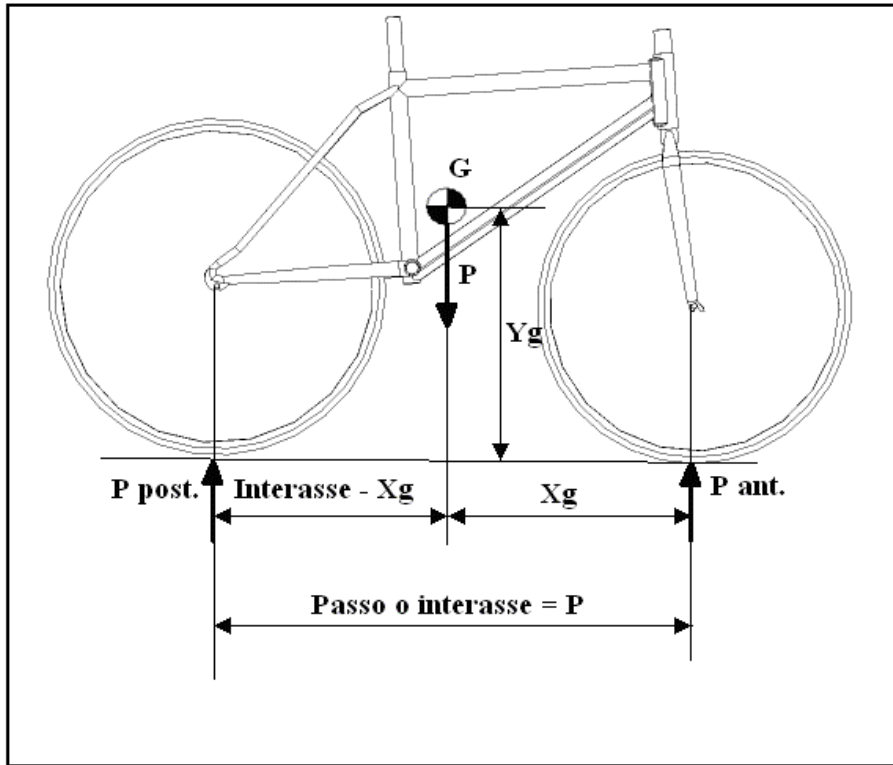


Figura 2.5 Schema della posizione longitudinale del baricentro e distribuzione dei carichi.

#### 2.4 Determinazione della posizione del baricentro

Per la determinazione delle coordinate del baricentro si fa riferimento sia al metodo matematico sia a un metodo pratico. Si

indica con  $X_G$  la coordinata orizzontale di G, cioè la distanza tra esso e l'asse della ruota anteriore. Essa risulta essere legata a b da:

$$b = \text{interasse} - X_G \quad (2.6)$$

Allo stesso modo si indica con  $Y_G$  l'altezza del baricentro G dal suolo, che coincide con il valore di h. Infine con i termini  $P_{\text{ant}}$ ,  $P_{\text{post}}$  e  $P_{\text{tot}}$  si indicano rispettivamente il peso agente sulla ruota anteriore, il peso agente sulla ruota posteriore ed il peso totale della bicicletta. Il baricentro G si trova sul piano longitudinale e quindi bastano solo le coordinate  $X_G$  e  $Y_G$ . per definirne la posizione.

#### 2.4.1 Metodo matematico

Innanzitutto si calcola il valore di  $X_G$  attraverso la relazione:

$$X_G = I_1 \cdot \frac{P_{\text{post}}}{P_{\text{tot}}} \quad (2.7)$$

supposti noti i valori dell'interasse, di  $P_{\text{post}}$  e di  $P_{\text{tot}}$ . Si calcola ora il valore di  $Y_G$ .: si predispose la bicicletta su un piano inclinato di un angolo noto con la ruota posteriore verso l'alto; si eseguono le nuove pesature dell'anteriore e del posteriore con la bicicletta in tale posizione (il peso sull'anteriore sarà maggiore che al posteriore) e si trovano, così, i valori di  $P_{\text{ant}2}$  e  $P_{\text{post}2}$ . Si calcola quindi la proiezione dell'interasse sul piano orizzontale, indicandola con  $I_2$  per distinguerla da quella  $I_1$  trovata a bicicletta orizzontale. Per il teorema di Pitagora sussiste la relazione:

$$I_2 = \sqrt{I_1^2 - H^2} \quad (2.8)$$

essendo H l'altezza della ruota da terra, ossia l'altezza del piano inclinato. Con la stessa relazione (2.7) si calcola la proiezione  $X_{G2}$  di  $X_G$  sul piano orizzontale, avendo cura di mettere il nuovo interasse  $I_2$  e il nuovo peso della ruota posteriore  $P_{\text{post}2}$ :

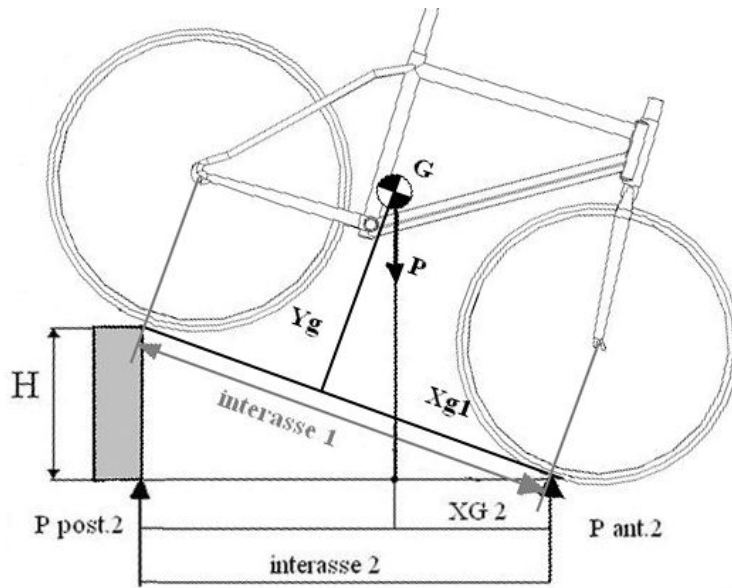


Figura 2.6 Schema grafico per la determinazione del baricentro  $G$  e della sua coordinata verticale  $Y_G$ .

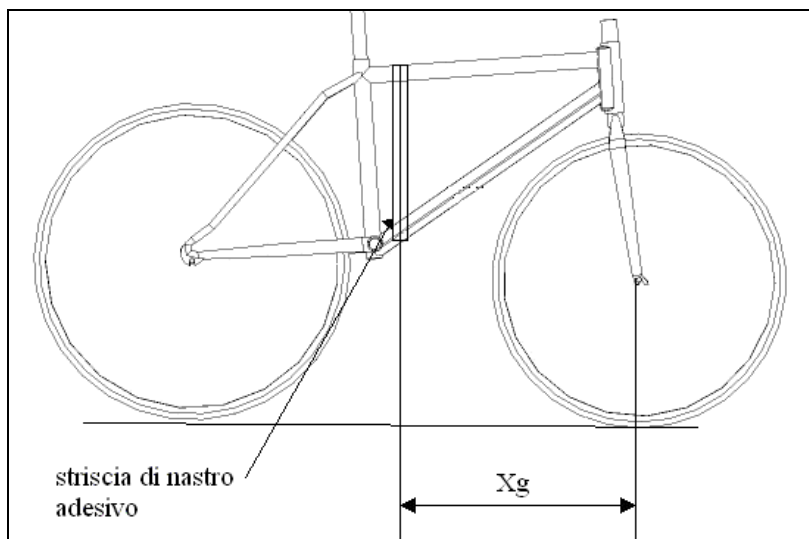


Figura 2.7 Posizionamento del riferimento in nastro adesivo.

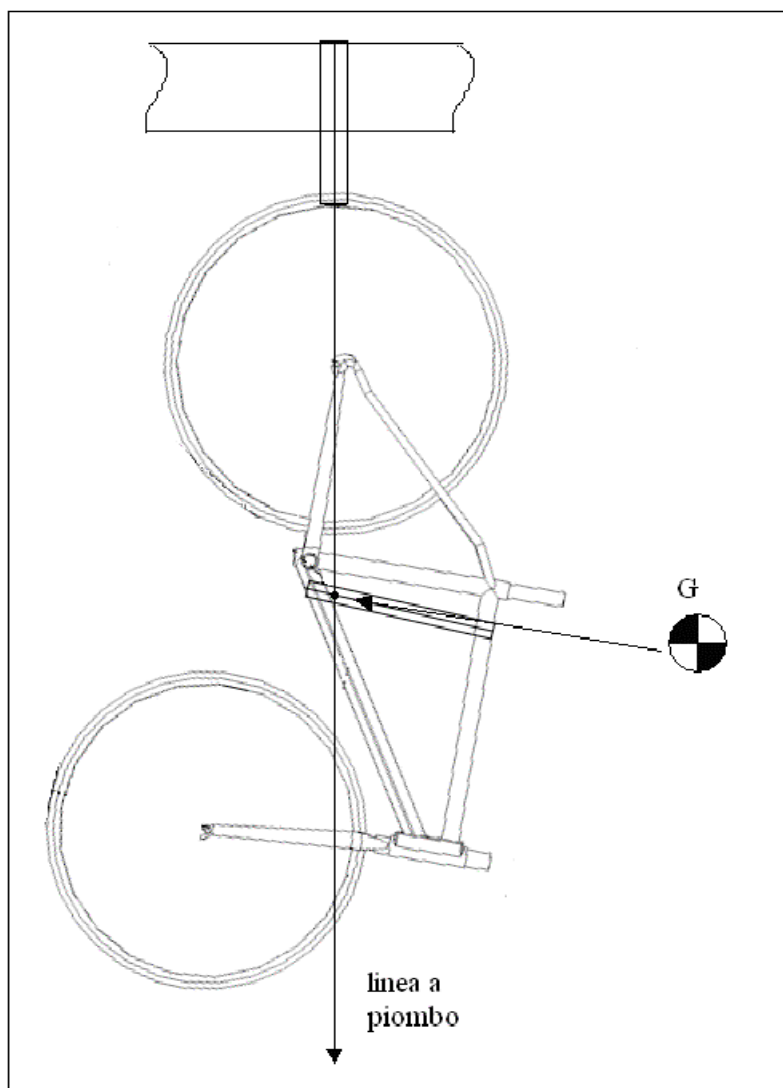


Figura 2.8 Determinazione dell'intersezione dei due riferimenti per determinare il baricentro.

$$X_{G2} = I_2 \cdot \frac{P_{post2}}{P_{tot}} \quad (2.9)$$

La determinazione di  $Y_G$  è di tipo grafico. Si tracciano infatti due rette, una perpendicolare al piano orizzontale a partire dalla coordinata  $X_{G2}$  e l'altra perpendicolare al piano inclinato a partire dalla coordinata  $X_G$ . L'intersezione tra le due rette è proprio il punto che rappresenta il baricentro G.

Quindi misurando la distanza tra G e il piano inclinato (retta condotta perpendicolarmente ad esso partendo dal punto G), si trova la coordinata  $Y_G$  (fig. 2.6).

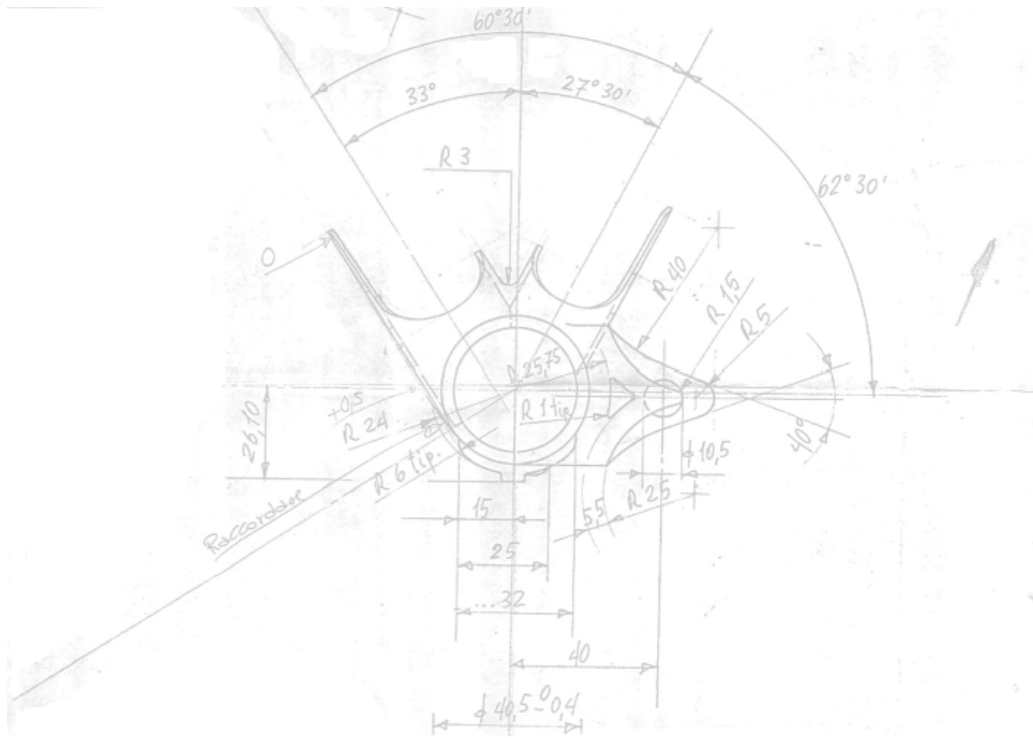
#### 2.4.2 Metodo pratico

Questo metodo permette di trovare la posizione di G partendo dalla conoscenza di  $X_G$ . Si traccia la retta perpendicolare alla coordinata  $X_G$  e definiamo la sua posizione sulla bicicletta mediante dei nastri adesivi (v. Fig. 2.7).

Si appenda un cerchio della bicicletta ad un gancio, tale da mantenerla sospesa; nel gancio si applica un filo a piombo e si aspetta che si stabilizzi e rimanga fermo. L'intersezione tra il filo e il nastro adesivo fornisce il punto in cui si trova il baricentro G della bicicletta (fig 2.8).

Si segna tale punto con un pennarello e si riporta la bicicletta sul piano orizzontale. E' ora possibile misurare la coordinata verticale  $Y_G$  come l'altezza del punto dal suolo.

### Capitolo 3



Richiami di meccanica della bicicletta



### 3.1 I concetti generali

In questo capitolo si trattano più diffusamente e si approfondiscono gli effetti di avancorsa e interasse sulla stabilità della bicicletta.

### 3.2 La coppia cinematica ruota-terreno

Quando nel capitolo precedente si è parlato di coppia cinematica ruota-terreno, si è fatto implicitamente riferimento ad un unico punto di contatto tra essi, ma nella realtà il contatto si estende ad un'area. Infatti per effetto della deformazione elastica dello pneumatico, la ruota interagisce con il suolo attraverso un'area ellittica finita  $A$ , detta area di impronta.

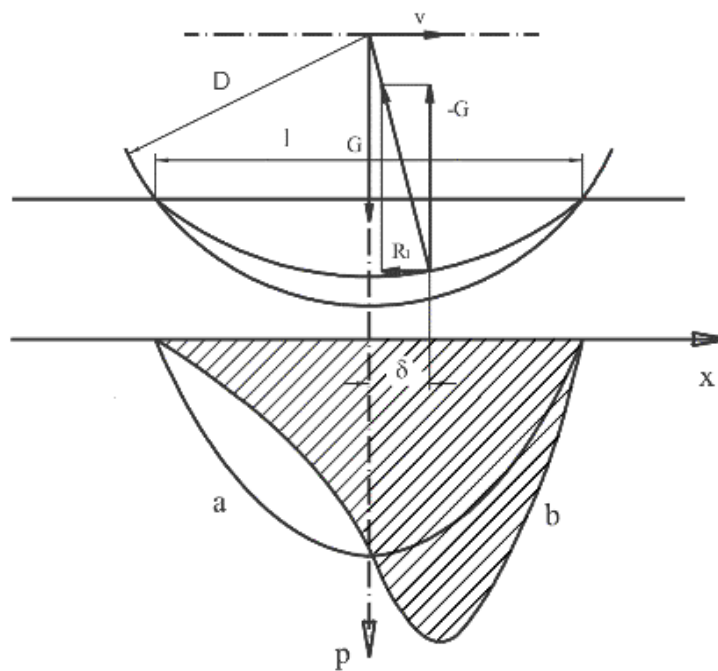


Fig. 3.1 Distribuzione delle pressioni  $p$  nell'area d'impronta.  
a) Diagramma  $p=f(x)$ , per  $v=0$ ; b) diagramma  $p=f(x)$ , per  $v \neq 0$ .

Il peso  $G$  gravante sulla ruota si distribuisce su di essa con una pressione  $p$ , variabile da punto a punto di  $A$ , data da:

$$p = \frac{dG}{dA} \quad (3.1)$$

Quando la ruota è ferma l'area di impronta è circolare e le pressioni  $p$  si distribuiscono con legge parabolica. Appena inizia il movimento tale distribuzione delle pressioni si altera per effetto dell'isteresi elastica dello pneumatico e l'area di impronta assume una forma ellissoidale.

La risultante  $-G$  del terreno al peso  $G$  gravante sulla ruota, si sposta nel senso del moto di una piccola distanza  $\delta$  generando un momento resistente al moto di braccio  $\delta$ .

### **3.3 Stabilità, manovrabilità e maneggevolezza della bicicletta**

Per stabilità della bicicletta si intende la sua tendenza a ritornare all'assetto originale in presenza di una sollecitazione esterna che tende a spostarla da quella posizione.

La manovrabilità è legata ai moti possibili di essa tenendo conto delle forze di controllo, ma non solo: maggiore manovrabilità di una bicicletta si ha se essa è molto agile e molto rapida nei cambi di direzione. Invece la maneggevolezza rappresenta il massimo potenziale della bicicletta che può realmente essere sfruttato dal ciclista.

Comunque stabilità e manovrabilità sono caratteristiche opposte: una bicicletta molto stabile è molto restia ai cambi di direzione! È importante sapere regolare questo problema. La stabilità di una bicicletta dipende dalla posizione del baricentro, ma anche dal valore dell'avancorsa.

#### *3.3.1 L'importanza dell'avancorsa*

Come si è visto precedentemente, durante il moto la distribuzione delle pressioni specifiche dentro l'area di impronta  $A$ , non è mai simmetrica e la sua risultante del terreno  $-G$  è disassata rispetto a  $G$

(che agisce perpendicolarmente al suolo ma sull'asse della ruota). Ciò provoca, dunque, una sorta di “avancorsa naturale” dello pneumatico (positiva o negativa) generante un momento raddrizzante che viene a sommarsi con quello dell'avancorsa geometrica della bicicletta.

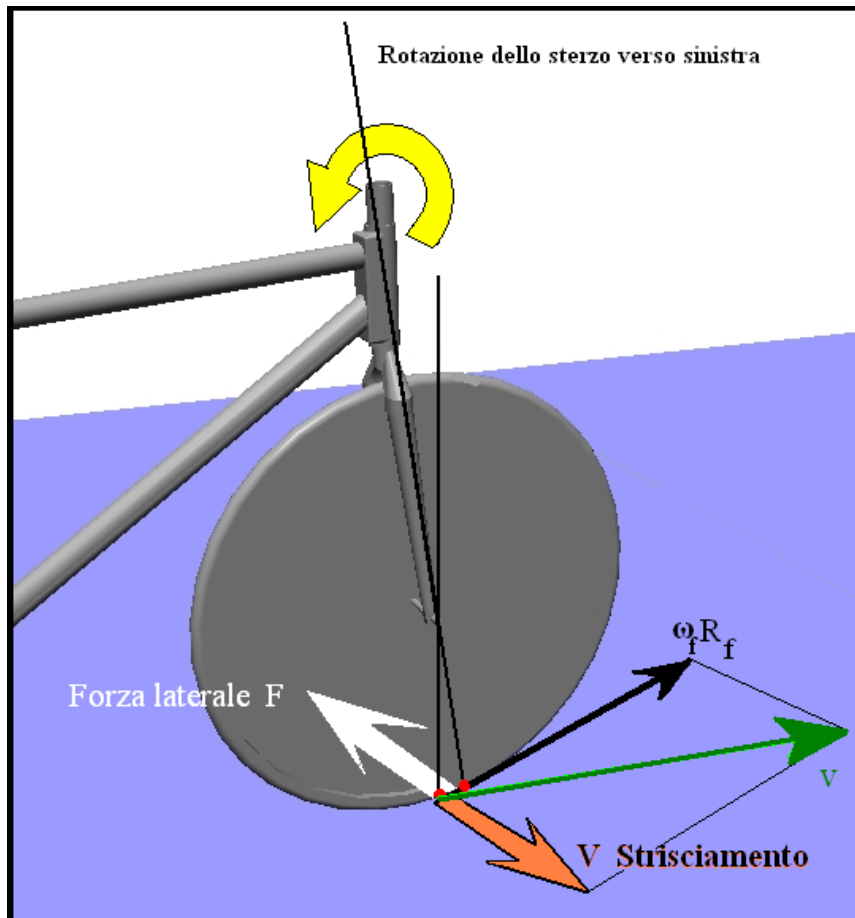


Figura 3.2 Effetto stabilizzante dell'avancorsa positiva.

L'avancorsa geometrica e quella “naturale” così generata influiscono molto sul moto determinandone la stabilità.

Si supponiamo un moto rettilineo della bicicletta di data velocità  $V$  e si supponga che ad un tratto compaia una sollecitazione esterna (una

piccola buca, o anche una folata di vento) che causi una lieve rotazione dello sterzo verso sinistra.

Conviene focalizzare l'attenzione sull'avantreno e per essere precisi sulla zona di contatto tra ruota e terreno, dove è presente una forza laterale di attrito  $F$  generata dal contatto pneumatico-suolo. Il punto di contatto ruota-suolo ha velocità  $V$  nella direzione del moto come la bicicletta. Il vettore  $V$  può essere scomposto nelle due componenti:  $\omega_f R_f$  e  $V_{\text{strisciamento}}$ ; la prima si trova nel piano della ruota che, a causa della sollecitazione esterna, è lievemente sterzata verso sinistra; la  $V_{\text{strisciamento}}$  invece è la velocità di strisciamento del punto di contatto rispetto al suolo e giace quindi sulla stessa direzione di  $F$  ma con verso opposto.

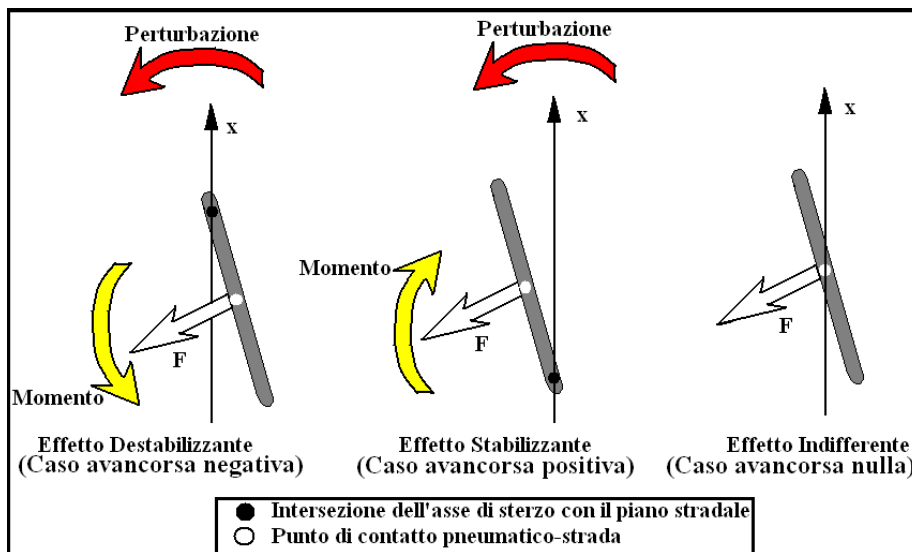


Figura 3.3 Schema riassuntivo dell'effetto dell'avancorsa durante il moto.

Si può adesso studiare il comportamento della bicicletta al variare dell'avancorsa. Si consideriamo il caso in cui l'avancorsa sia positiva: la forza di attrito  $F$  genera un momento stabilizzante ossia un momento che contrasta la perturbazione del moto (v. Fig. 3.2). La coppia raddrizzante avrà quindi come braccio l'avancorsa normale.

Se invece il valore dell'avancorsa è negativo, la forza di attrito  $F$  pure restando opposta alla  $V_{\text{strisciamento}}$ , genera un momento nello stesso verso di quello perturbativo, contribuendo, quindi a compromettere la stabilità della bicicletta.

Ci si può rendere conto che non solo il tipo di avancorsa ma anche la sua entità contribuiscono alla stabilità del moto (v. Fig. 3.3): piccoli valori dell'avancorsa sia di un tipo che dell'altro, generano solo lievi momenti di richiamo.

Avere un valore positivo ed elevato del momento raddrizzante comporta, durante la marcia rettilinea, un'elevata stabilità longitudinale della bicicletta, ovvero lo sterzo tende sempre a tornare in posizione dopo essere stato "disturbato". Se esso aumenta, ovviamente, la bicicletta diventa sempre più "pesante" nei cambi di traiettoria, risultando poco manovrabile.

### 3.3.2 L'importanza dell'interasse

Durante il moto in curva della bicicletta, sono due le forze laterali di attrito: una agente sulla ruota anteriore ed un'altra sulla ruota posteriore. Entrambe generano dei momenti attorno all'asse di sterzo proporzionali ai loro bracci:

$$a_n = a \cdot \cos \varepsilon = R_f \cdot \sin \varepsilon \cdot d \quad (3.2)$$

$$b_n = (p + a) \cdot \cos \varepsilon \quad (3.3)$$

essendo  $a_n$  l'avancorsa normale anteriore,  $b_n$  l'avancorsa normale posteriore ed  $p$  l'interasse. Le relazioni precedenti mostrano che anche l'interasse ha la sua importanza per la stabilità del mezzo insieme con l'avancorsa. Infatti quest'ultima può essere grande o piccola, positiva o negativa, ma il suo valore non ha molto significato se non si fa riferimento all'interasse. Ciò che distingue i vari modelli di biciclette è quindi anche un altro fattore:

$$R_n = \frac{a_n}{b_n} \quad (3.4)$$

che rappresenta il rapporto tra avancorsa normale anteriore e quella posteriore.

### 3.4 Movimenti di beccheggio, rollio ed imbardata

I moti principali cui è soggetta una bicicletta sono:

- *Il movimento di beccheggio.* Si verifica in frenata ed in accelerazione e consiste rispettivamente nell'abbassamento longitudinale della parte anteriore della bicicletta, e nel suo sollevamento. E' generato da un momento attorno all'asse passante per il baricentro e diretto ortogonalmente alla direzione del moto; è dovuto al trasferimento del carico da un asse all'altro che si verifica durante le variazioni di velocità (v. Fig. 3.4).

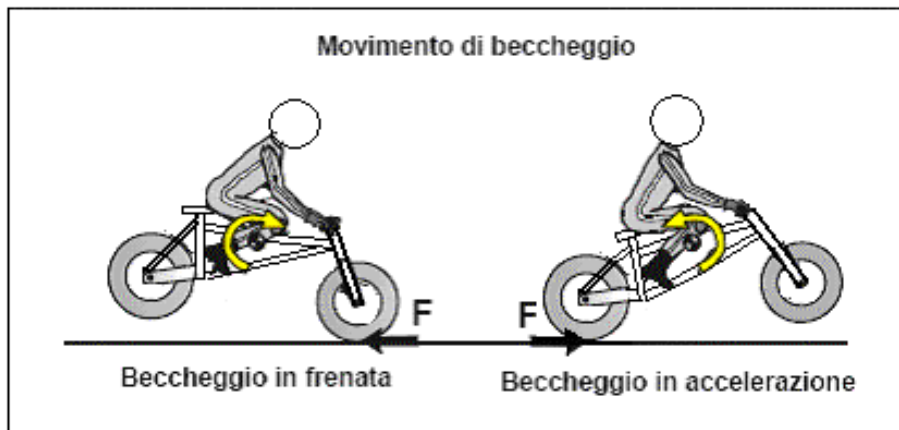


Figura 3.4 Movimento di beccheggio della bicicletta.

- *Il movimento di rollio.* Il moto di rollio è la rotazione della bicicletta attorno all'asse longitudinale. Esso si verifica durante ogni curva, cioè quando il ciclista per bilanciare la forza centrifuga, si inclina verso l'interno della curva (v. Fig. 3.5).
- *Il movimento di imbardata.* Questo moto si verifica insieme a quello di rollio durante le curve. Consiste nella rotazione della bicicletta attorno all'asse verticale passante per il baricentro. (v. Fig. 3.5).

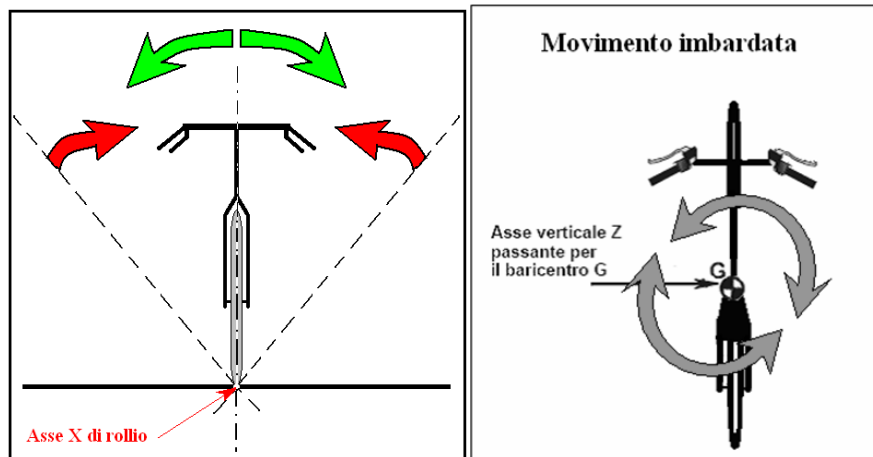
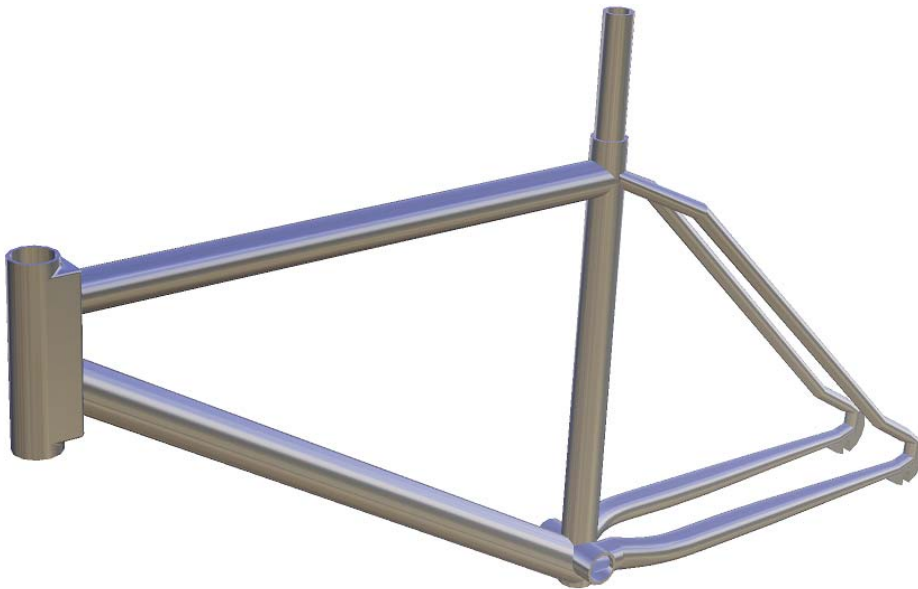


Figura 3.5 A sinistra è rappresentato il verso del moto di rollio; a destra si vede come agisce il moto di imbardata.

## Capitolo 4



La geometria del telaio



## 4.1 Nomenclatura

Alcuni dei nomi e simboli delle parti che costituiscono il telaio di una bicicletta sono riportati in fig. 4.1.

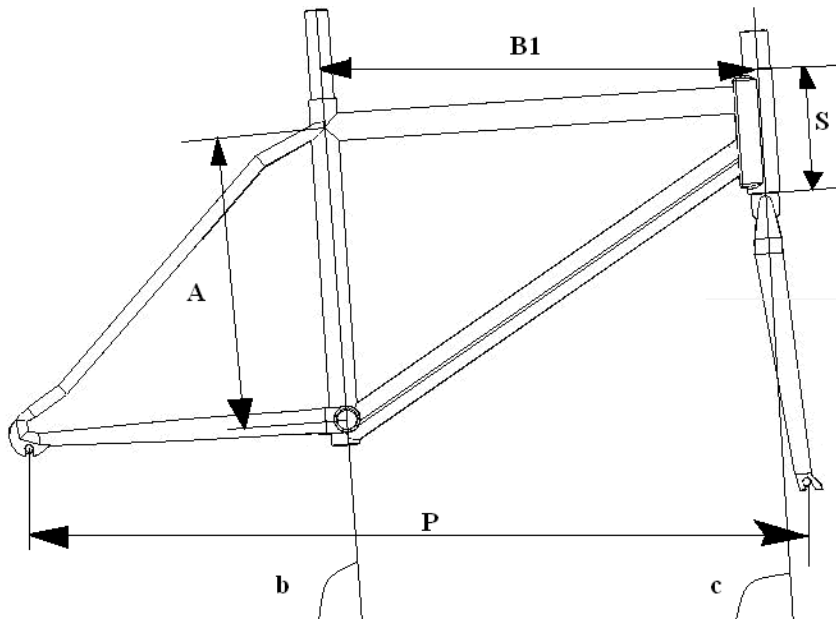


Figura 4.1 Rappresentazione delle parti che costituiscono il telaio.

- A: Lunghezza del tubo piantone;
- B: Lunghezza effettiva del tubo superiore;
- B<sub>1</sub>: lunghezza del tubo superiore virtuale per i telai "sloping", nei telai di geometria tradizionale questa misura coincide con la lunghezza effettiva;
- P<sub>0</sub>: Posteriori Orizzontali;
- P: Passo (interasse);
- H: Altezza da terra;
- A<sub>v</sub>: Avantreno;
- A<sub>C</sub>: Avancorsa, è la misura che intercorre tra la proiezione a terra del mozzo anteriore con il prolungamento a terra del tubo di sterzo;

- R: Rake, è la distanza che intercorre tra il centro del forcellino anteriore e la retta passante per il centro del tubo di sterzo;  
S: Tubo di sterzo;  
S<sub>C</sub>: Scostamento;  
a: inclinazione del tubo superiore;  
b: inclinazione del piantone;  
c: inclinazione del tubo di sterzo.

## 4.2 Geometria e posizione

Una bicicletta sportiva deve presentare un telaio realizzato su misura del ciclista che la utilizzerà. Un telaio non perfettamente proporzionato al ciclista non consente a questi di esprimere al meglio le proprie potenzialità e, in condizioni estreme, strappi muscolari. Sebbene per la realizzazione dei telai esistano delle tabelle cui far riferimento, queste vengono utilizzate solo per avere valori indicativi. Il motivo per cui non si seguono fedelmente le misure riportate dalle tabelle è dovuto al fatto che ogni ciclista ha un proprio modo di porsi sulla bicicletta, un proprio modo di pedalare, ecc., per cui non è raro il caso che due ciclisti con le stesse dimensioni preferiscano telai geometricamente diversi.

Oltre alle caratteristiche fisiche e tecniche del ciclista, ad influire sulla scelta del telaio interviene anche il tipo di ciclismo da praticare. Per l'agonismo su brevi distanze, ad esempio, è più indicato un telaio compatto, in grado di rendere meglio sugli scatti. Una bicicletta con angoli del piantone meno accentuati ( $74^\circ$ ,  $74^\circ 30'$ ) trasmette maggiormente le vibrazioni (maggiore scomodità).

Una bicicletta con angoli del piantone più accentuati ( $73^\circ 30'$  fino anche a  $72^\circ$ ) distribuisce meglio le vibrazioni lungo tutto il telaio, risultando più adatta a percorrere lunghe distanze.

## 4.3 Misura del telaio: diversi modi

I telai di biciclette differiscono molto tra loro anche per le dimensioni dei tubi e gli angoli che essi formano.

Tabella 4.1 Tabella di riferimento per determinare la geometria del telaio in funzione delle dimensioni del ciclista (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)).

Altezza cavallo	Tubo piantone	Distanza punta sella/manubrio
75	48,8	47,6
76	49,4	48,3
77	50,1	48,9
78	50,7	49,5
79	51,4	50,2
80	52	50,8
81	52,7	51,4
82	53,3	52,1
83	54	52,7
84	54,6	53,3
85	55,3	54
86	55,9	54,6
87	56,6	55,2
88	57,2	55,9
89	57,9	56,5
90	58,5	57,2
91	59,2	57,8
92	59,8	58,4
93	60,5	59,1
94	61,1	59,7
95	61,8	60,3
96	62,4	61
97	63,1	61,6
98	63,7	62,2
99	64,4	62,9
100	65	63,5

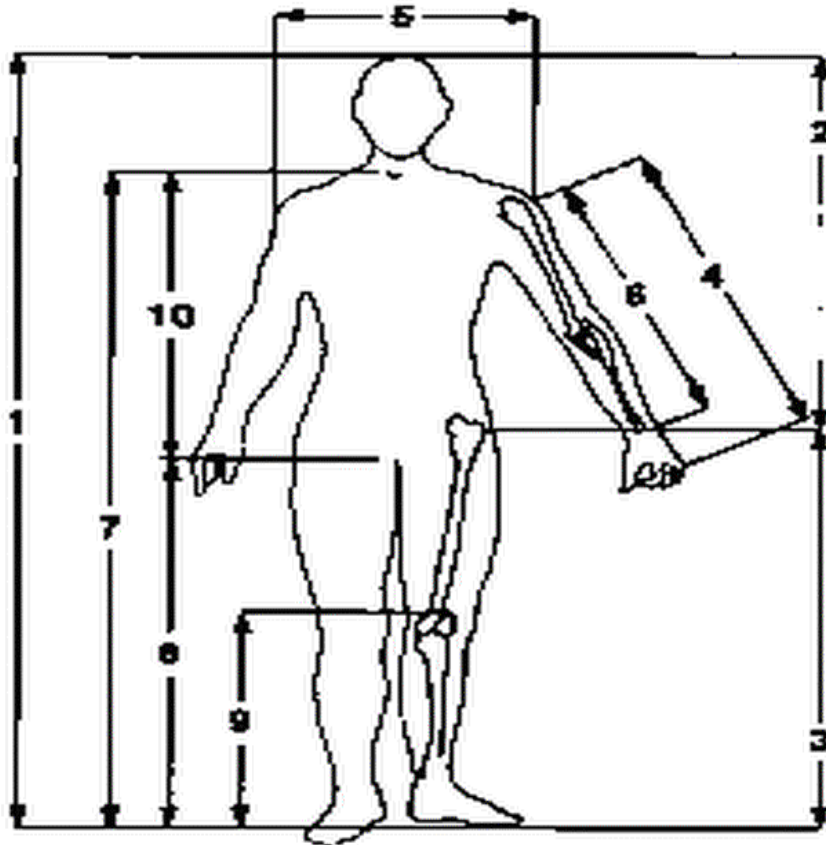


Figura 4.2 Come prendere le misure del ciclista (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)).

Prendere le misure di un telaio può a volte non essere semplice, tutto dipende dal punto iniziale e finale della misura. Si riportano come esempio alcuni possibili modi per la misura del tubo piantone.

- *Centro – centro.* Si parte dal centro della scatola del movimento centrale e si sale parallelamente al tubo piantone fino al centro del tubo superiore (quello quasi orizzontale) (Fig. 4.3).
- *Centro – fine del tubo superiore.* Si parte stavolta dal centro della scatola del movimento centrale in basso e si sale fino alla fine del tubo superiore (Fig. 4.3)

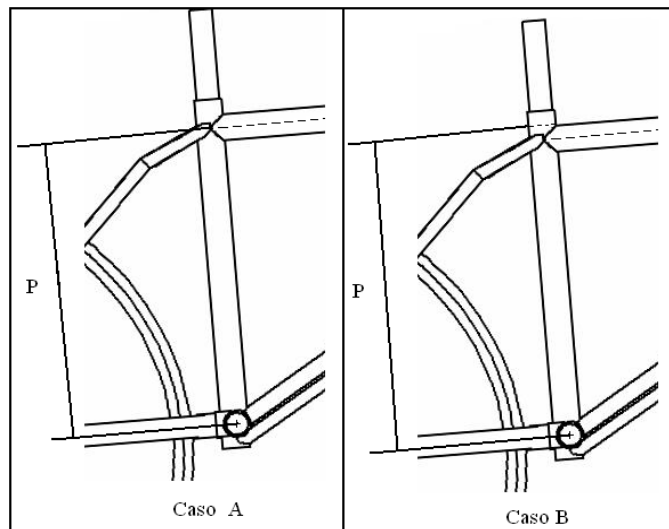


Figura 4.3 Misurazione tubo piantone: a sinistra il tipo centro-centro; a destra il tipo centro-fine del tubo posteriore.

- *Centro – fine del tubo verticale.* Si parte dal centro della scatola del movimento centrale per arrivare all' estremità in alto del tubo piantone (Fig. 4.4).
- *Fine – fine del piantone.* Si parte dalla fine in basso del tubo piantone, ovvero al limite in cui si attacca alla scatola del movimento centrale e si sale fino alla estremità in alto del tubo piantone (v. Fig. 4.4).

#### 4.5 Altre caratteristiche geometriche importanti

Studiando il comportamento della bicicletta dal punto di vista cinematico, si è parlato di avancorsa, angolo di sterzo ed interasse. Si enunciano adesso le altre grandezze che contribuiscono alla maneggevolezza, manovrabilità e stabilità della bicicletta.

- *Il Rake.* Chiamato spesso avanzamento delle punte della forcella rispetto all'asse dello sterzo della bicicletta, è la distanza tra le

due rette parallele passanti rispettivamente per l'asse dello sterzo e per l'asse della ruota.

- *L'avantreno*. In questo caso non è il complesso di ruota anteriore e forcella, ma una misura ben precisa geometrica della bicicletta. Si tratta della distanza tra il centro della ruota anteriore e il centro della scatola del movimento centrale.
- *Lo scostamento*. Tracciando idealmente una linea che parte dall'estremità del tubo piantone, e restando a questo parallela, essa finisce nel centro della scatola del movimento centrale. Si traccia anche un'altra retta con lo stesso punto di partenza ma stavolta perpendicolare al suolo. Le due rette definiscono un angolo  $\delta$ . Lo scostamento  $S_c$  sarà il segmento di retta condotto parallelamente al suolo partendo dal centro del movimento centrale ed intercettante la retta perpendicolare al suolo.

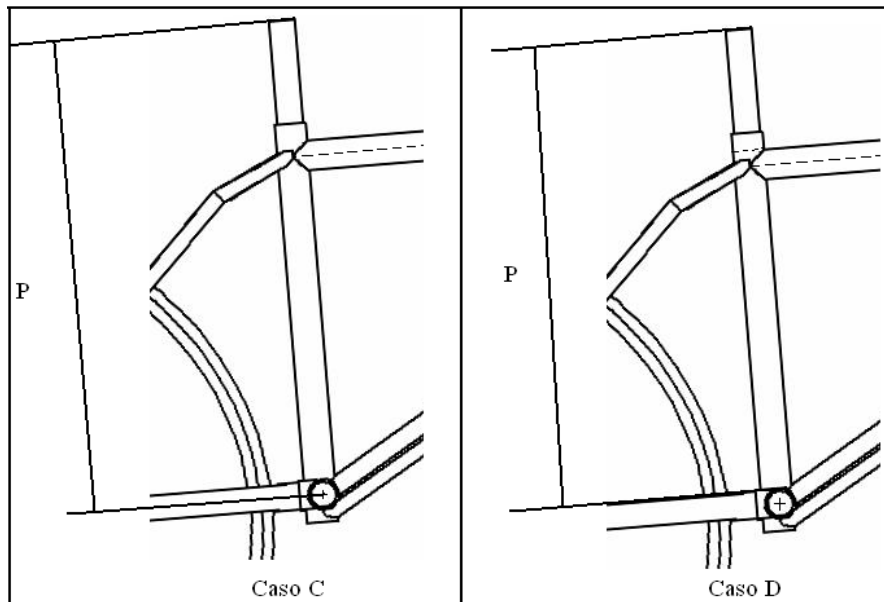


Figura 4.4 Misurazione del tubo piantone: a sinistra il tipo centro-fine del tubo verticale; a destra il tipo fine-fine del tubo piantone.

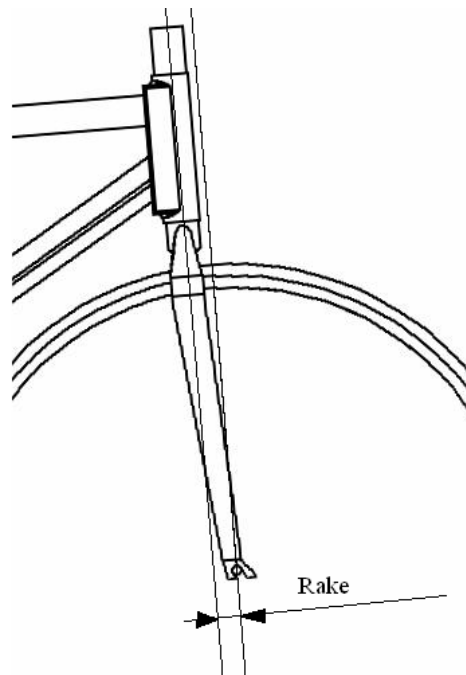


Figura 4.5 Il Rake.

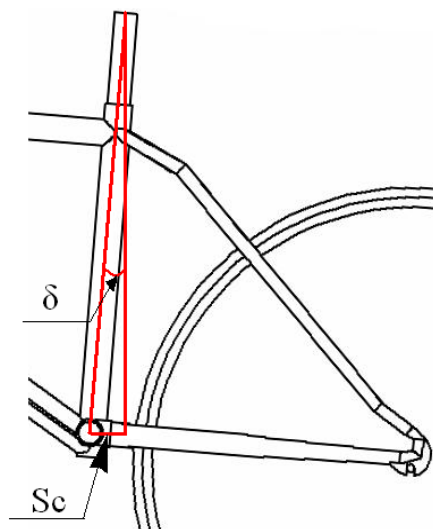


Figura 4.6 Il triangolo rettangolo disegnato dal piantone con lo scostamento e segmento perpendicolare al suolo.

Le due rette ed il segmento di retta definiscono un triangolo rettangolo mostrato in fig. 4.6, ove l'ipotenusa è la misura  $P$  del tubo piantone e l'angolo  $\delta$  è in genere noto dalla casa costruttrice. Quindi è possibile ricavare matematicamente  $S_c$  dalla relazione trigonometrica:

$$S_c = P \cdot \sin \delta \quad (4.1)$$

Se al contrario si conoscessero  $P$  e lo scostamento, si può ottenere l'angolo  $\delta$  dalla seguente relazione trigonometrica:

$$\delta = \frac{\arcsin P}{S_c} \quad (4.2)$$

- *La linea di catena.* Si tratta della distanza espressa in millimetri tra il piano mediano della guarnitura (se tripla moltiplica coincide con la corona centrale, se invece è una compact coincide con un piano intermedio tra le due corone) ed il piano mediano longitudinale della bicicletta (quello su cui giace il baricentro  $G$ ).

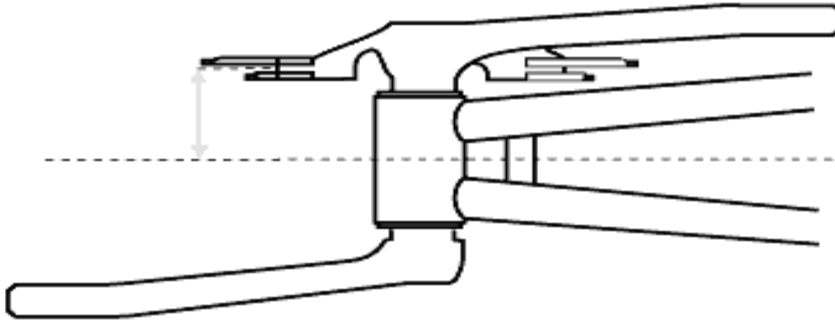


Figura 4.7 Rappresentazione grafica della linea di catena (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)).

- *Il fattore  $Q$ .* Si tratta della distanza tra i piani di rotazione delle pedivelle. E' determinante ai fini della biomeccanica della pedalata. Un valore troppo grande rischia di disperdere la forza verticale sui pedali.



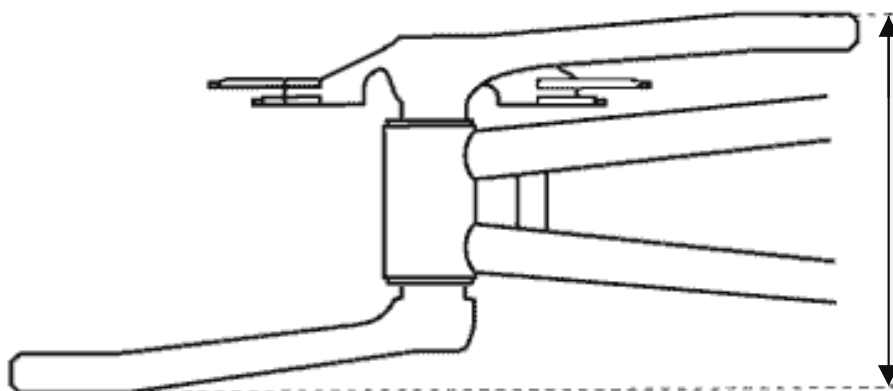


Figura 4.8 Fattore Q (indicato dalla freccia) (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)).

#### 4.6 La geometria del telaio: ieri e oggi

Negli anni le misure e gli angoli dei tubi del telaio sono cambiati molto. Siamo passati da telai allungati che erano stabili, ma avendo il passo lungo erano poco maneggevoli e agili specie in curva. Oggi i telai si sono rimpiccioliti molto, giostrando sulle misure dei tubi e sulle loro inclinazioni. Si può dire che le strutture del telaio vanno ricondotte a due tipologie, o meglio due stili:

- Lo stile classico
- Lo stile moderno (ci si riferisce ad esso spesso parlando di sloping)

#### 4.7 Lo stile classico

È il primo stile ad essersi diffuso, caratterizzato dall'aver il tubo superiore orizzontale; in altre parole il tubo superiore che collega tubo di sterzo a tubo piantone è parallelo al suolo. Con la ricerca di leggerezza in materiali e tecnologie costruttive sempre migliori e la differenziazione degli spessori questo stile ha subito delle modifiche ma l'elemento caratterizzante è sempre stato il tubo superiore. Oggi i telai in stile classico sono molto leggeri e compatti e si contrappongono a quelli in stile moderno che risultano tuttavia più

agili e slanciati. Per cercare di ridurre il gap in tal senso si è provveduto quindi a realizzare carri posteriori più corti, ed a volte molto vicini al limite per il montaggio della ruota posteriore.

## **4.8 Lo stile moderno**

Quando si parla di stile moderno si deve parlare del concetto di *slope* o *sloping*, termine inglese che significa inclinazione. Il tubo superiore infatti è inclinato rispetto al piano del suolo.

In tal modo i telai risultano più corti rispetto a quelli classici, pure mantenendo un tubo superiore la cui misura effettiva è maggiore o uguale a quelli tradizionali. La soluzione “*sloping*” tuttavia non apporta vantaggi in leggerezza, anzi in certi casi il peso aumenta, tuttavia la sensazione di guida è diversa e l’agilità complessiva migliora insieme con lo scatto. È bene quindi al momento dell’acquisto valutare la soluzione migliore, quindi si riportano i pro e i contro della soluzione “*sloping*”.

### *4.8.1 I pro*

- Diminuendo la lunghezza del telaio, questo risulta più rigido;
- Il telaio disperde meno lo sforzo dei ciclisti di alta statura;
- La ricerca della posizione ottimale è più semplice poiché dipende dall’altezza della sella e del reggisella (in genere si usano reggisella da 350 mm).

### *4.8.2 I contro*

- Il telaio a volte è troppo rigido e causa affaticamento, dolori alla schiena e alle articolazioni, anche a causa delle maggiori vibrazioni trasmesse al ciclista;
- I telai *sloping* in genere sono costruiti con misure standard e quindi per personalizzarne l’utilizzo alle proprie dimensioni bisogna agire sui componenti;

- Il reggisella deve essere molto lungo e quindi deve essere progettato in modo da non trasmettere vibrazioni, non flettersi sotto il peso del ciclista durante il moto, e causare fenomeni di saltellamento durante la pedalata;
- A volte il peso è maggiore del telaio classico, poiché il reggisella da 350 mm che viene usato è decisamente più pesante di quello normale da 250 mm.

#### 4.8.3 L'Uci limita i telai sloping

L'Unione Ciclistica Internazionale ha deciso negli anni di limitare la geometria *sloping* per ricondurre le gare al confronto tra le capacità fisiche degli atleti e non a un confronto di telai sempre più inclinati. Oggi infatti si deve considerare il tubo superiore come l'ipotenusa di un virtuale parallelogramma di altezza massima otto centimetri. È ovvio che per avere tubi superiori con maggiore inclinazione, basta agire riducendone la dimensione longitudinale.

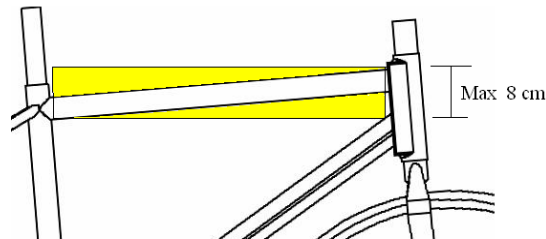
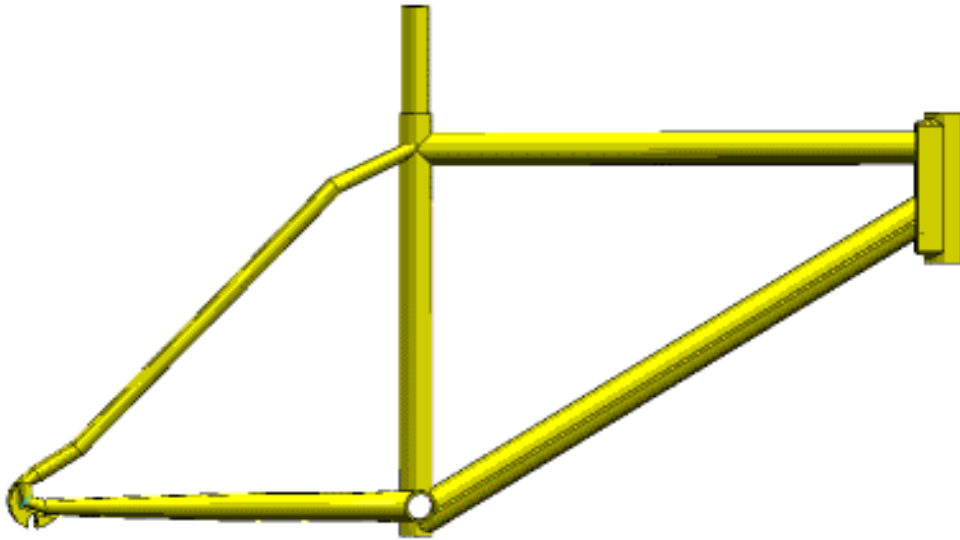


Figura 4.9 Area all'interno della quale può inclinarsi il tubo superiore.

## Capitolo 5



Il telaio

## 5.1 I concetti generali

Il telaio è la struttura ossea della bicicletta, costituito dagli elementi in fig. 5.1:

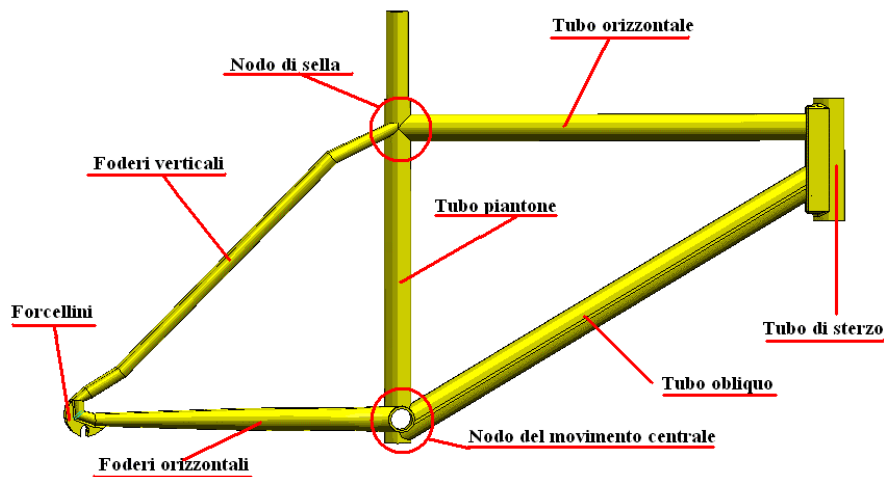


Figura 5.1 Schema telaio.

La forma classica del telaio della bicicletta è detta a diamante ed è costituita da quattro tubi principali che si congiungono tra loro in 2 nodi. Vi è poi la parte posteriore del telaio costituita da tubi di diametro inferiore che nel loro complesso formano il carro posteriore. Molti materiali sono impiegati per la produzione dei telai, la cui scelta dipende molto dal rapporto qualità/prezzo e dall'uso cui la bicicletta è destinata. I più comuni sono:

- *Acciaio*: lega molto robusta ma soggetta ad ossidazione per cui deve essere opportunamente trattata.
- *Alluminio*: lega molto leggera attualmente molto usata.
- *Fibra di carbonio*: Utilizzato per biciclette da competizione a causa del suo prezzo molto elevato, è un materiale dalle elevate caratteristiche di resistenza.

- *Titanio*: Anch'esso usato per le biciclette da competizione ha ottime caratteristiche meccaniche.

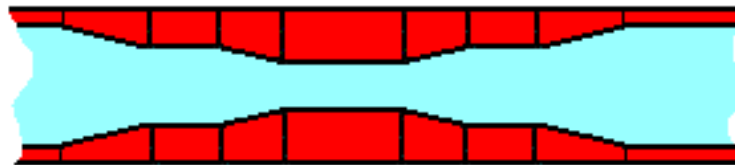
I tubi possono essere a spessore costante o variabile. Le biciclette economiche hanno telai a spessore costante, mentre quelle da competizione hanno spessori variabili.



**Tubo semplice**



**Doppio spessore**



**Triplo spessore**

Figura 5.2 Tipi di spessori.

Gli spessori variabili hanno l'importante funzione di rinforzare determinate parti soggette a tensioni e sforzi e quindi a rischio di cedimenti; tale pratica permette di rinforzare solo alcune parti e

invece diminuire lo spessore in altre ottenendo così un notevole risparmio di peso. Si parla quindi di telai con tubi a doppio, triplo e quadruplo spessore. Sempre per gli stessi scopi di alleggerire e al tempo stesso non rinunciare alla resistenza del telaio, oggi si parla spesso di tubazioni con sezione maggiorata (*oversize*), e ovalizzata; presentano spessori molto ridotti (0,4 millimetri).

## **5.2 Il tubo piantone (*seat tube*)**

Si tratta del tubo immediatamente sotto il sellino e quindi determina l'altezza stessa della sella. Spesso viene chiamato erroneamente anche tubo verticale ma in realtà è un po' inclinato, anzi in alcune architetture di telaio esso presenta una spiccata inclinazione che determina ovviamente differenti caratteristiche e differenti ripartizioni del peso tra la ruota anteriore e posteriore della bicicletta. Tra la struttura del primo tubo piantone per bicicletta e quelli attuali sembra non esserci alcuna differenza. Sembra che esso non abbia avuto alcuna evoluzione, almeno per un occhio non tecnico che si ferma ad una osservazione superficiale. È forse l'unico tubo del telaio per il quale non è stata mai proposta una soluzione geometrica differente da quella classica tonda. Modificarne la sezione e la forma non comporta in effetti dei miglioramenti di resistenza alle sollecitazioni, semmai anzi il contrario. L'evoluzione c'è sicuramente stata, ma non esternamente nel tubo di sella, quanto invece nella sua struttura interna per la quale si adopera spesso, per telai di alte prestazioni, una struttura a spessore triplo in coincidenza delle due estremità che sono sollecitate a grandi tensioni e sforzi: nodo di sella e scatola del movimento centrale. Su quest'ultimo infatti viene fissato il deragliatore anteriore o mediante una fascetta oppure direttamente con un supporto saldato. Quest'ultimo sistema è ormai in disuso a causa degli spessori ridottissimi a cui sono giunti i telai ultraleggeri che non potrebbero resistere allo sforzo esercitato dal deragliatore, compromettendo la solidità del tubo piantone.

## **5.3 Il tubo orizzontale (*top tube*)**

E' quel tubo che collega il nodo di sella al tubo di sterzo; esso non è proprio orizzontale come il suo nome può lasciar pensare, anzi ha un

certo range di inclinazione che ha portato a svariatissime forme di telai (*geometria sloping*).



Figura 5.3 Un esempio di dimensionamento degli spessori interni.



Nonostante ciò che si possa pensare esso non è soggetto a grandi sollecitazioni per cui la sua evoluzione ha portato a fargli assumere forme tonde o ellissoidali con spessori a volte davvero esigui. Si è partiti con forme tondeggianti per passare alle ellissoidali con diametro maggiore perpendicolare al terreno e arrivare oggi perfino ad essere schiacciato orizzontalmente sebbene lateralmente non subisca sollecitazioni eccessive.

#### **5.4 Il tubo obliquo (*down tube*)**

E' quel tubo che collega il tubo di sterzo al nodo del movimento centrale. Viene considerato il tubo più importante del telaio, proprio per le sollecitazioni a cui e' soggetto e per la sua lunga evoluzione che non è ancora finita.

La sua funzione da tramite tra tubo dello sterzo e scatola del movimento centrale lo mette certamente al centro delle attenzioni dei progettisti, per il quale essi hanno previsto dimensioni superiori a quelle degli altri tubi e forme ovali con grande cura per una struttura interna a spessore variabile graduale.

La sua evoluzione l'ha visto cambiare sia esternamente che internamente. Si era partiti infatti da tubi cilindrici a spessore costante e con sezioni equiparabili a quelle degli altri tubi del telaio. Si è poi passati ad un abbondante sovradimensionamento del diametro insieme con una specializzazione della resistenza del tubo mediante una costruzione ellittico - ovale che resiste meglio ad alcune direzioni di sollecitazione piuttosto che ad altre. Inoltre si è passati da uno spessore omogeneo ad uno variabile, così che la struttura rinforzata garantisce una migliore resistenza. Oggi si hanno spessori doppi e tripli in prossimità delle sezioni finali; verso il tubo di sterzo e verso la scatola del movimento. Ciò quindi garantisce resistenza dove occorre e permette di ridurre spessore fino a valori davvero esigui nella sezione centrale.

Inoltre va notato che la particolare struttura ellittico - ovale è tale da esserlo lungo l'asse verticale con la particolarità di rivolgere il lato a curvatura maggiore verso il terreno, ciò per tenere conto del verso delle sollecitazioni. Lo spessore interno rinforzato alle estremità, permette saldature resistenti in prossimità della scatola del

movimento ove a causa della ciclica pedalata si hanno sforzi non indifferenti.

Ulteriori innovazioni sono l'utilizzo di tubi oversize e di strutture interne coniche. Il costruttore al momento della scelta deve considerare la destinazione d'uso del telaio che dovrà essere prodotto e quindi valutare la soluzione più appropriata a seconda dei casi. Infatti una soluzione molto rigida assicura buona resistenza ma non permette una buona distribuzione delle vibrazioni lungo il telaio. Inoltre bisogna anche tenere conto del fatto che la deformabilità entro certi limiti del telaio è molto importante, ma in certe zone, come vicino la scatola del movimento, essa deve essere contrastata poiché disperderebbe la potenza del ciclista.

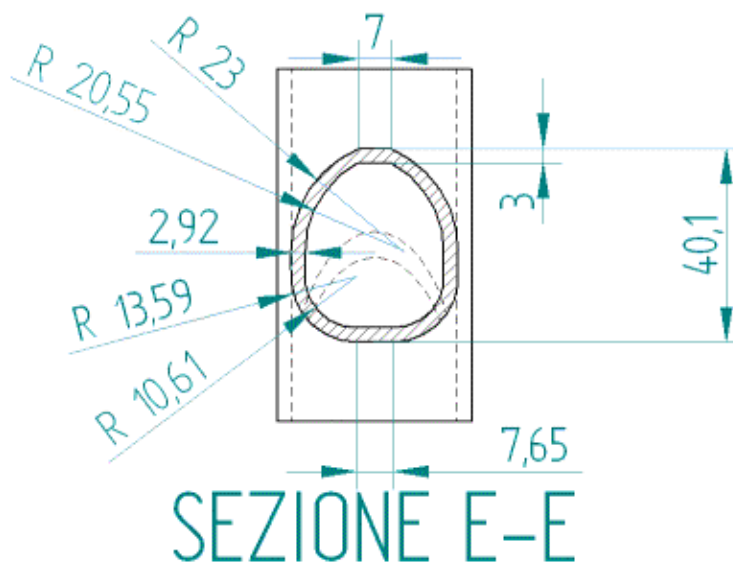


Figura 5.4 Un esempio di tubo obliquo.

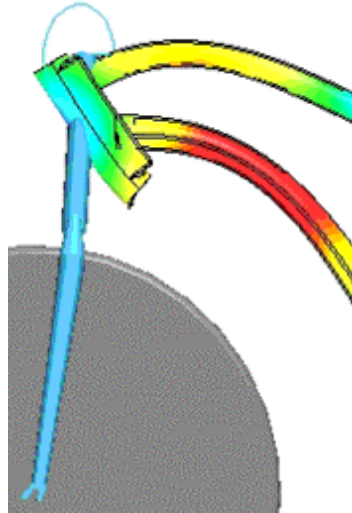


Figura 5.5 In questa immagine le sollecitazioni sono maggiorate del 400%.

### 5.5 Il tubo di sterzo (*steerer tube*)

E' quel tubo che collega il tubo orizzontale al tubo obliquo. La sua cavità interna avrà uno spessore tale da potere ben resistere alle sollecitazioni anche di urto e alle vibrazioni e quindi dovrà avere un buon compromesso tra rigidità (eccessiva ostacolerebbe dispersione vibrazioni) e deformazione (eccessiva comprometterebbe precisione di guida); non si scende al di sotto dei 2,5 millimetri di spessore. Esso ospita al suo interno il canotto di sterzo e quindi le caratteristiche sopra scritte diventano fondamentali per la stabilità, e il moto del mezzo; la sua inclinazione varia da 69 a 72 gradi, determinando in modo fondamentale la guidabilità. Il diametro del tubo di sterzo va da 1 pollice (25,4 mm esterno), per bici da corsa a 1"1/8 per le mountainbike.

La forma del telaio delle biciclette è di un triangolo (tubo piantone-tubo orizzontale - tubo obliquo) ma questo senza considerare il quarto tubo cioè proprio il tubo di sterzo. La sua presenza fa sì che si parli di un quadrilatero il cui quarto lato è davvero esiguo ma non può

mancare, dato che ha una funzione fondamentale! La sua funzione è di collegare tubo orizzontale e obliquo e al tempo stesso essere la sede in cui viene allocato il canotto di sterzo (la forcella anteriore). I tubi di sterzo moderni possono essere inoltre predisposti per le serie sterzo aheadset per dare direttamente l'appoggio alle piste di scorrimento dei pallini per i meccanismi integrati.

## **5.6 Il nodo di sella**

In esso convergono il tubo orizzontale, il tubo piantone ed i foderi posteriori verticali. Certamente non è soggetto a grandi sollecitazioni, tuttavia deve poter sopportare le vibrazioni trasmesse dai tubi che convergono in esso ma soprattutto il peso del ciclista e garantire il corretto fissaggio e blocco del meccanismo reggisella. In genere il fissaggio avviene con un collarino munito di vite a brugola.

## **5.7 La scatola del movimento**

E' la sede in cui si concentrano le forze dovute allo sforzo ciclico della pedalata e dove convergono anche le sollecitazioni e vibrazioni trasmesse dai foderi orizzontali, dal tubo piantone e dal tubo obliquo. Essenzialmente è un cilindro molto corto, disposto orizzontalmente e caratterizzato dall'aver le estremità filettate con passo variabile tra italiano e inglese a seconda dei casi.

Si capisce quindi che lo spessore dovrà essere parecchio abbondante per potere garantire resistenza alle saldature mediante le quali esso unisce i tubi che in esso convergono e per resistere alle sollecitazioni davvero consistenti cui è continuamente soggetto.

Può essere prodotto per forgiatura o applicando il metodo Cnc a un blocco di materiale. Gli spessori delle pareti sono piuttosto abbondanti proprio per sopportare gli sforzi enormi e le notevoli sollecitazioni dovute alle saldature.

### *5.7.1 Passo italiano o passo inglese?*

All'acquisto di un telaio e movimento centrale bisogna stare attenti che il passo delle filettature di entrambi sia compatibile.

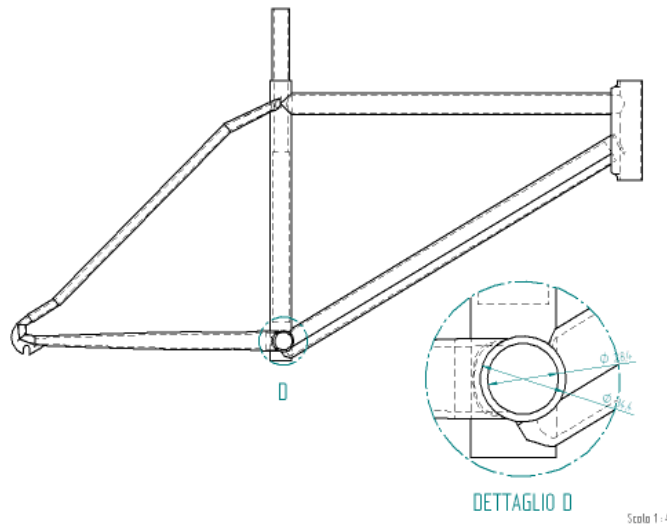


Figura 5.6 Particolare della scatola del movimento.

Esistono due tipologie di passo:

- Passo Italiano: lievemente più grande e comunemente indicato con 36x24 tpi prevede un sistema di montaggio delle due calotte con rotazione in senso orario per entrambe.
- Passo Inglese: comunemente indicato con 1,370x24 tpi prevede che la calotta sinistra si avviti in senso orario mentre la destra in senso opposto (antiorario).

Per la sua dimensione inferiore, il passo inglese può essere trasformato in italiano (con apposito strumento) se dovesse rovinarsi.

### 5.8 I foderi orizzontali o posteriori (*chainstays*)

È la coppia di tubi paralleli che collegano la scatola del movimento alla ruota posteriore. La loro forma dipende dal costruttore ma in linea generale si può dire che è piuttosto tondeggiante e con andamento curvo per ospitare, nella luce tra i due tubi, la ruota posteriore.

I foderi orizzontali sono soggetti a vibrazioni come il resto del telaio, ma anche e soprattutto alla sollecitazione data dalla trazione

della catena attraverso le due sezioni estreme: scatola del movimento e forcellini.

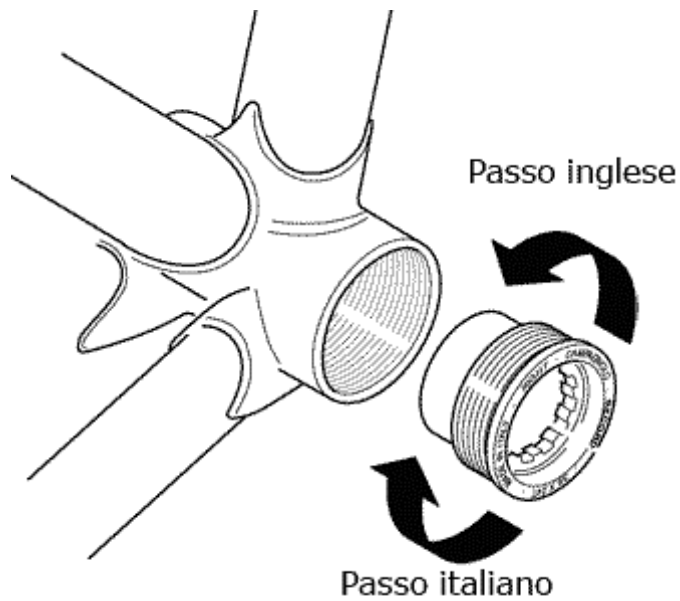


Figura 5.7 Scatola del movimento centrale (Tratta dal sito [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com))

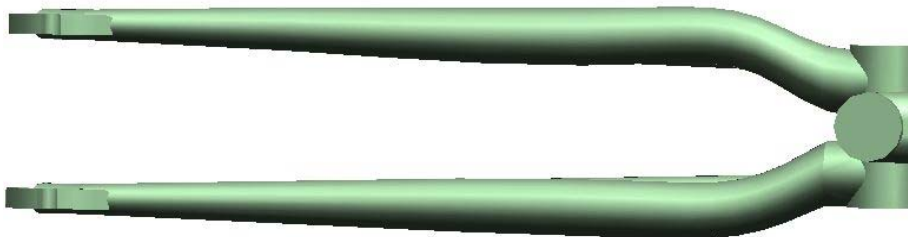


Figura 5.8 Modello tridimensionale di un fodero orizzontale.

I foderi orizzontali con i foderi verticali costituiscono il carro posteriore e quindi completano il telaio della bicicletta. La loro presenza e la loro forma determinano il moto e la stabilità.

Sui foderi posteriori infatti si ha l'asimmetria della trazione fissata per convenzione sulla destra della bicicletta.

Quindi la scelta del materiale, della soluzione costruttiva e della lega deve tenere conto delle caratteristiche di rigidità necessaria per contrastare la trazione data dalla catena.

I materiali utilizzati oggi sono alluminio e fibre di carbonio e specialmente quest'ultimi hanno permesso la realizzazione dei foderi orizzontali e verticali monoscocca. L'uso del carbonio piuttosto che l'alluminio non è tanto dettato da necessità particolari ma più per adeguarsi all'uso ormai comune della fibra di carbonio per la realizzazione dei telai di biciclette da competizione.

Il carro posteriore definito come il complesso dei foderi orizzontali e di quelli verticali determina con le sue dimensioni il comportamento della bicicletta.

Un carro con foderi orizzontali fino a 42 centimetri sposta il peso del ciclista indietro e aumenta il confort, ma al tempo stesso diminuisce la prontezza allo scatto. Per i ciclisti professionisti che devono pedalare per molte ore è importante la comodità per non affaticarsi eccessivamente, ma poiché lo scatto è fondamentale si usano soluzioni intorno ai 40 centimetri con estremi casi di 39,5 centimetri.

## **5.9 I foderi verticali o pendenti posteriori (*seatstays*)**

Collegano i forcellini con il tubo piantone e completano con i foderi posteriori il carro posteriore. Sono una coppia di tubi con sezione tonda e spessore molto sottile (sono i tubi più sottili del telaio) e forma curva sempre per trattenere nella luce tra essi la ruota posteriore. A volte essi sono collegati tra loro attraverso un ponticello saldato che li fa diventare un unico pezzo irrobustendone quindi il complesso. Ad essi spetta il compito di trasferire il peso del ciclista sulla ruota posteriore e a smorzarne gli urti e le vibrazioni da essa trasmesse. All'inizio le loro forme erano di cilindri a sezione costante e dritti, ma con il tempo e con l'impiego di vari materiali si è passati a forme variabili a seconda delle proprietà del materiale adoperato. Ad esempio con l'introduzione dell'alluminio, che ha una elevata rigidità, si è iniziato a usare forme più sinuose che sono caratterizzate da una più spinta capacità di ammortizzare urti e

vibrazioni; proprio per questo motivo oggi si usano molto i pendenti in fibra di carbonio.

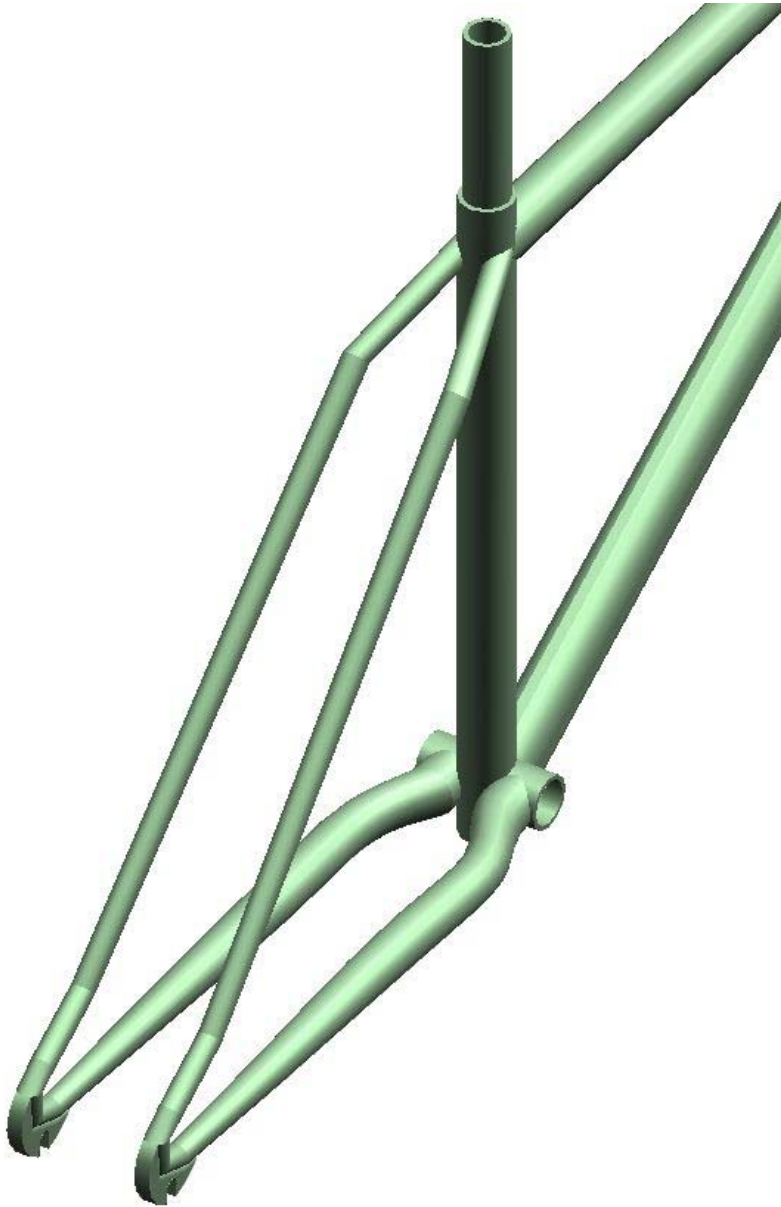


Figura 5.9 Carro posteriore.



A volte vengono anche applicati in telai in acciaio e in titanio anche per la loro leggerezza e nei casi di fibra ad alto modulo per una maggiore reattività del carro posteriore. L'utilizzo del carbonio ha fatto nascere la ricerca di soluzioni sempre più semplificate per il montaggio dei foderi verticali al resto del telaio e per un più semplice fissaggio del freno posteriore. Alle soluzioni con due tubi collegati da un ponticello sono oggi affiancate e preferite in certi casi le soluzioni *monostay* in cui i due tubi convergono in uno solo proprio all'altezza del freno posteriore.

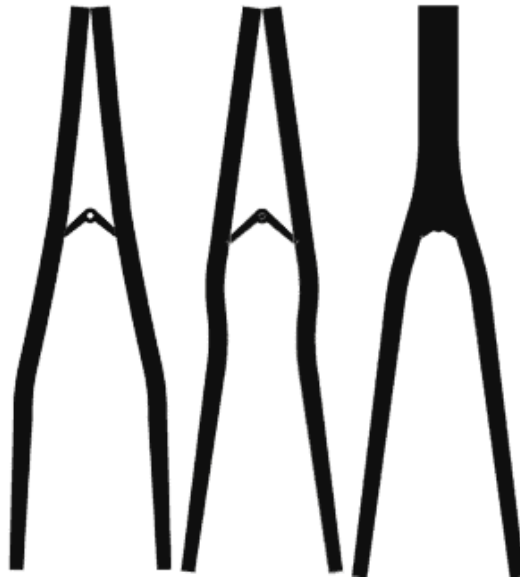


Figura 5.10 Varie soluzioni con ponticello e *monostay*.

Oggi per semplificare il montaggio dei pendenti posteriori, anche da parte di telaisti non in grado di realizzare incollaggi della fibra al metallo, le case costruttrici realizzano i foderi verticali con estremità in metallo. Così tutto si riduce ad un semplice montaggio tra due parti metalliche.



Figura 5.11 notare il semplice montaggio e fissaggio dei foderi pendenti in carbonio di questo telaio (tratta da [www.lerunbikes.com](http://www.lerunbikes.com)).

### 5.10 I forcellini

Possono essere realizzati per Cnc o per forgiatura ma devono poter resistere al peso della bicicletta con il ciclista. Inoltre devono resistere agli urti e alle vibrazioni durante il moto. Essi si trovano al punto di incontro tra foderi orizzontali e verticali e ospitano l'asse della ruota posteriore; inoltre su di essi avviene il bloccaggio della ruota.

La forma non varia molto, ed è assimilabile ad una "U" rovesciata. Il bloccaggio della ruota su di essi avviene con vari sistemi a seconda dell'utilizzo. Biciclette economiche non necessitano soluzioni particolari, ma per biciclette da competizione serve una certa facilità di montaggio e smontaggio per ridurre i tempi.



Figura 5.12 Particolare dei forcellini del telaio precedente (tratta da [www.lerunbikes.com](http://www.lerunbikes.com)).

Nelle mountainbike ad esempio sono presenti spesso due dentini alle estremità delle punte della forcella per impedire l'uscita della ruota nel caso di accidentale allentamento del bloccaggio.

Nella bicicletta stradale non è invece necessario un tal sistema poiché è difficile che vi sia un allentamento e comunque la ruota sotto il peso del ciclista non uscirebbe dai forcellini.

L'innesto della ruota nei forcellini oggi è assimilabile a quello dei forcellini anteriori ed avviene verticalmente e quindi non più orizzontalmente come un tempo, con vite di registrazione; il tutto è più semplice e veloce. Il sistema con scorrimento della ruota e con vite di registrazione tuttavia assicurava la perfetta assialità che oggi non è certo scontata per telai economici. Inoltre una ulteriore complicazione in quel caso era il rischio che lo smontaggio fosse ostacolato dal meccanismo di cambio marcia ivi presente. L'utilizzo dei forcellini ad innesto verticale ha tuttavia delle limitazioni in quanto ad esempio è impossibile montare la ruota fissa e regolare la

posizione del mozzo e quindi la tensione della catena. Una ulteriore complicazione per la realizzazione dei forcellini sta in particolare in quello destro poiché in esso deve essere previsto l'occhiello filettato per il supporto del cambio. Il forcellino deve quindi essere dotato di una discreta rigidezza per resistere alle sollecitazioni in quel punto e al tempo stesso prevedere un sistema per una semplice sostituzione in caso di incidente e conseguente deformazione del supporto. Oggi si realizzano supporti per il cambio smontabili mediante opportuna filettatura dal forcellino in modo da sostituire prontamente la parte danneggiata a seguito di una caduta.

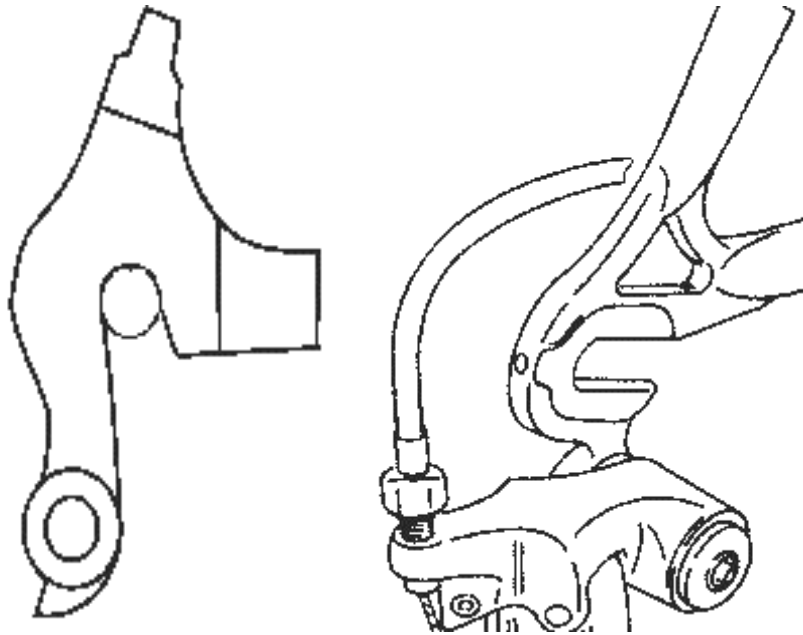


Figura 5.13 A sinistra un tipico innesto verticale con occhiello filettato per fissaggio cambio; a destra un innesto orizzontale con foro per vite di regolazione di assialità (tratto da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)).

### **5.11 Il telaio con ruote da 26**

Le case costruttrici oggi tendono a ridurre le dimensioni del trapezio centrale e del triangolo posteriore agendo sull'inclinazione del tubo superiore (geometrie sloping) spesso molto spinte. Tuttavia vi è un altro modo di agire che prevede l'utilizzo di telai da 26 pollici piuttosto che da 28 pollici. Tali telai infatti hanno gli stessi vantaggi di quelli "sloping" di riduzione delle flessioni (riduzione misure lineari, cioè riduzione del braccio del momento flettente) da sommare comunque ad una riduzione del peso complessivo del telaio che sono propri dei telai da 26", inferiori di dimensioni rispetto ai 28". La riduzione del peso è più spinta comunque se si pensa che l'utilizzo di telai da 26" comportano l'utilizzo di ruote da 26" cioè cerchi e pneumatici più leggeri, e non dimentichiamo che ciò comporta anche minor numero e lunghezza dei raggi e finanche utilizzo di pignoni che consentono la sottrazione di due denti a fronte di un pari sviluppo metrico ottenuto con ruote da 28 pollici.

Se poniamo attenzione ad un utilizzo di una ruota da 26" come motrice rispetto a quella da 28" ci rendiamo subito conto di altri importantissimi vantaggi! La riduzione della massa comporta un incremento di spinta sia a bassi regimi sia nelle salite.

I telai da 26" possono comunque essere soggetti ad una progettazione volta alla modifica delle inclinazioni dei tubi e alla lunghezza del carro posteriore, migliorando ulteriormente tali vantaggi. Tuttavia soluzioni troppo spinte possono portare a perdita di stabilità se il peso del ciclista si sposta troppo verso il mozzo posteriore finendo per causarne il ribaltamento all'indietro. In certi casi quindi è meglio lasciare le misure del carro posteriore invariate e agire sull'inclinazione del tubo piantone in modo da meglio distribuire il peso del ciclista.

## Capitolo 6



La forcella

## 6.1 I concetti generali

La struttura scheletrica non è completa senza la descrizione della forcella. Essa svolge il ruolo fondamentale di gestione della dinamica e direzionalità della bicicletta, nonché gestione dell'equilibrio. Non bisogna dimenticare inoltre che essa, essendo il tramite tra ruota anteriore (che è calettata tra i due braccetti dei foderi e fissata ai forcellini) e tubo di sterzo (al cui interno andrà ad allocarsi la sua estremità superiore) è l'organo ammortizzante gli urti e le vibrazioni che le asperità del manto stradale le trasmettono.



Figura 6.1 Schema forcella.

E' composta di quattro parti:

- Cannotto (calettato nel tubo di sterzo)

- Testa (parte centrale in cui convergono i due foderi e il canotto forcella)
- Foderi o steli (i braccetti che racchiudono la luce in cui ha sede la ruota anteriore)
- Forcellini (estremità dei foderi; in essi viene collocato il mozzo della ruota anteriore)

Nel complesso la forcella pesa tra i 300 e i 500 grammi a seconda del materiale utilizzato e quindi un terzo del telaio. Varie sono le soluzioni per la sua forma e la sua realizzazione tuttavia per questo componente è importante che in primo luogo esso sia in grado di resistere al peso del telaio più quello del ciclista che in frenata viene interamente proiettato su di esso. Inoltre deve essere progettato per assorbire urti e vibrazioni indipendentemente dal fatto che esso sia del tipo con ammortizzatori o senza.

I modelli prodotti in acciaio e quelli in alluminio sono spesso forcelle *unicrown* ossia in cui non esiste la testa in quanto i foderi sono saldati direttamente. Le forcelle in carbonio sono di diversi tipi. Esistono quelle con steli e canotto in carbonio collegate dalla testa in alluminio, o quelle con testa e steli in carbonio e invece canotto in alluminio o più raramente in acciaio (forcelle economiche in carbonio). Vi sono anche le forcelle tutte in carbonio con in tre pezzi montati insieme dette *full carbon* e anche le forcelle in monoscocca di carbonio prodotte in stampi.

## 6.2 Foderi dritti o foderi curvi?

I foderi sono in genere di tipo ricurvo per meglio ammortizzare le vibrazioni e gli urti rispetto ai modelli dritti. In generale si può pensare che questa sia la soluzione migliore, ma ciò non è del tutto vero e comunque dipende molto anche dal materiale adoperato.

Il tipo a steli dritti non è esattamente tale; gli steli non hanno forme sinuose ma conservano un certo *rake* dato da una lieve inclinazione, grazie alla quale essi riescono ad ammortizzare le vibrazioni. Ciò permette quindi un assorbimento più omogeneo ma soprattutto danno al ciclista la sensazione di una guida più pronta specie in curva, e



quindi migliore padronanza del mezzo e una guida per così dire più “pulita”.

### **6.3 La forcella in fibra di carbonio**

L'introduzione delle forcelle in carbonio ha permesso di rendere più leggero questo componente e, nei casi di forcelle monoscocca, anche di rendere più omogeneo lo smorzamento delle vibrazioni.

Tuttavia fino a non molti anni fa era un lusso per pochi eletti potere usufruire di questo materiale a causa dei prezzi alti e della iniziale diffidenza, per cui erano poche le case produttrici ed i modelli in vendita. Oggi invece i modelli sono moltissimi e molte anche le case produttrici ma anche le tipologie di forcelle. Le forcelle in carbonio con canotto o testa in alluminio non hanno certo le prestazioni delle monoscocca ma i prezzi piuttosto bassi ne incoraggiano l'acquisto anche da chi non vive per le competizioni ufficiali e vuole però fare upgrade importante alla propria bicicletta.

## Capitolo 7



### Il manubrio

## 7.1 I concetti generali

E' il componente a cui spetta il compito di gestire la direzionalità della bicicletta, ma non solo. Infatti una volta scelta una direzione di marcia permette di gestirne il moto in curva attraverso piccoli interventi di correzione della traiettoria che il ciclista opera durante il moto.

Un tempo il manubrio era un semplice tubo orizzontale di acciaio, mentre oggi ha svariate forme, dimensioni e materiali con cui viene realizzato. Inoltre gli attacchi di esso al telaio si sono diversificati molto nel tempo.



Figura 7.1 Manubrio monoscocca modello *Zefiro Monocoque* della *Zefiro*.

## **7.2 I meccanismi di attacco al telaio e la serie sterzo**

Il manubrio per svolgere la sua funzione di organo di direzionalità deve essere fissato alla forcella in modo da comandarne la rotazione con la ruota ad essa solidale. Al tempo stesso deve prevedere un sistema che permetta alla forcella di ruotare rispetto al telaio senza attriti. Questo compito lo svolge la serie sterzo attraverso dei cuscinetti a sfere racchiusi in due calotte poste sopra e sotto il tubo di sterzo, al cui interno come abbiamo visto passa il tubo della forcella. Sia il sistema di attacco del manubrio al tubo della forcella, che la serie sterzo per la rotazione di questo ultimo rispetto al telaio, possono essere di due tipologie: Tradizionale con serie sterzo filettata e Aheadset con serie sterzo a pressione.

## **7.3 Tipologia tradizionale**

La tipologia tradizionale di attacchi al manubrio e di serie sterzo è ormai del tutto abbandonata perché è stata superata tecnicamente dagli Aheadset; tuttavia è ancora possibile riscontrarne qualche tipo in alcuni vecchi modelli di biciclette e mountain bike di qualche decina di anni fa.

### *7.3.1 Serie sterzo Tradizionale*

Il sistema di rotazione della forcella rispetto al telaio è realizzato partendo dall'inserimento di due calotte a pressione sopra e sotto il tubo di sterzo che fanno da base di scorrimento per le sfere imbrigliate in gabbiette che vengono collocate su di esse. Il meccanismo viene sigillato da altre due calotte a pressione. Il sistema a pressione è spesso protetto da guarnizioni in gomma per evitare infiltrazioni di umidità e di sporcizia. La calotta superiore è poi sovrastata da un controdado che ha il compito di assicurare la stabilità e sicurezza del sistema nonostante le vibrazioni e gli urti che dalla forcella vengono trasmessi al telaio proprio in corrispondenza di tale meccanismo. In fig. 7.2 è riportato l'esplosivo del meccanismo e la descrizione delle singole parti che lo costituiscono.



Figura 7.2 Esploso della serie sterzo (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

Ove i numeri corrisponderanno rispettivamente a:

1. Controdado;
2. Rondella dentata. Favorisce il serraggio del controdado senza perdere la registrazione ottenuta agendo sulla calotta;
3. Calotta superiore con sede di scorrimento sfere;
4. Eventuale anello di tenuta alla polvere;
5. Gabbietta di sfere o rullini;
6. Cono superiore. S'inserisce a pressione nel tubo di sterzo e, insieme alla calotta superiore, costituisce una delle due sedi di scorrimento per le sfere;
7. Calotta inferiore, inserita a pressione nel tubo di sterzo. Insieme all'anello di scorrimento inferiore, costituisce la seconda sede di scorrimento delle sfere;

8. Gabbietta delle sfere o rullini inferiori, con eventuale anello di tenuta alla polvere;
9. Anello di scorrimento inferiore, s'inserisce a pressione alla base del canotto della forcella.

### 7.3.2 Meccanismo di attacco Tradizionale

Il meccanismo di attacco prevede quindi il fissaggio del manubrio alla forcella anteriore. L'organo che permette ciò è un tubo cavo, realizzato in acciaio per le prime biciclette, a forma di "L" rovesciata detto anche a "pipa".



Figura 7.3: Elementi costitutivi del manubrio con attacco tradizionale (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

Ad una delle estremità è presente un tratto orizzontale di tubo con un taglio sulla superficie laterale in modo da realizzare un morsetto per il serraggio regolato da vite a brugola. Tale sistema però prevede l'inserimento del manubrio solo dopo che questo è stato privato di ogni tipo di comandi, leve o altro su di esso presenti; quindi è un sistema molto scomodo ed infatti superato dal sistema Aheadset. All'altra estremità invece è provvisto di uno stelo che viene inserito all'interno del tubo della forcella e fissato in esso grazie ad una vite a brugola il cui serraggio attiva un meccanismo di espansione

all'interno del tubo generando il bloccaggio in esso. Agendo su tale vite è quindi possibile regolare manualmente l'altezza del manubrio.

## 7.4 Tipologia Aheadset

Ormai tutte le biciclette di qualsiasi gamma adoperano questo sistema che sia per il meccanismo di attacco che per la serie sterzo è molto semplice, leggero e modulabile.

### 7.4.1 Serie sterzo Aheadset

È costruito con le calotte che racchiudono all'interno le sfere imbrigliate in gabbiette esattamente come per il sistema tradizionale. La differenza sta nel fatto che sopra la calotta superiore non vi sono il dado e controdado, ma direttamente il morsetto del meccanismo di attacco alla forcella e sopra questo un sistema a vite di registro. Questa ultima comanda un tirante detto a "ragnetto" calettato dentro il tubo della forcella. Serrando la vite verrà azionato il "ragnetto" che agendo all'interno del tubo della forcella "tirerà" questa effettuandone la regolazione. Il bloccaggio completo viene effettuato stringendo le viti a brugola del morsetto.

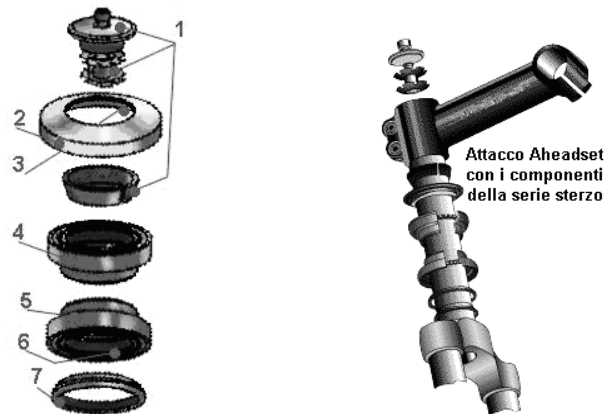


Figura 7.5 Esploso del sistema Aheadset (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>)

1. Vite di registro posta sul tappo, ancorina e cono di registro. Questo gruppo d'elementi, è direttamente interessato alla regolazione della serie sterzo;
2. Calotta superiore con sede di scorrimento delle sfere;
3. Gabbietta delle sfere o dei rullini;
4. Cono di scorrimento superiore. S'inserisce a pressione nel tubo di sterzo e, insieme alla calotta superiore, costituisce una delle due sedi di scorrimento delle sfere;
5. Calotta inferiore, inserita a pressione nel tubo di sterzo. Insieme all'anello di scorrimento inferiore, costituisce la seconda sede di scorrimento delle sfere;
6. Gabbietta delle sfere - o dei rullini - inferiore, con eventuale anello di tenuta alla polvere;
7. Anello di scorrimento inferiore, s'inserisce a pressione alla base del canotto della forcella.



Figura 7.16: Varie dimensioni dell'attacco al manubrio del tipo Aheadset (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).



#### *7.4.2 Meccanismo di attacco Aheadset*

Si tratta di un tratto di tubo cavo al suo interno, realizzato in alluminio o magnesio o raramente in acciaio. Alle estremità sono presenti due attacchi a morsetto con viti per il serraggio. Quello per il serraggio del manubrio è completamente apribile per l'inserimento del manubrio senza che esso sia privato delle sue leve e comandi. L'altro morsetto invece ha il compito di fissare la struttura al tubo della forcella con la semplice azione di serraggio delle due viti a brugola del morsetto.

Da non trascurare il fatto che le due tipologie di serie sterzo appena descritte comportano l'utilizzo di attacchi manubrio di diversa tipologia.

### **7.5 La misura del manubrio**

Il manubrio non ha una misura fissa, anzi varia molto in funzione della dimensione delle spalle del ciclista. Se non si tenesse conto di ciò si rischierebbe di andare incontro a grossi problemi. Infatti un manubrio troppo grande oltre a generare un maggiore ingombro e resistenza aerodinamica, causerebbe eccessivo affaticamento sulle braccia per la postura non corretta del busto. Invece un manubrio troppo stretto comporterebbe una posizione di guida con le braccia molto ravvicinate tra loro che quindi comprimerebbe il torace causando problemi di insufficienza respiratoria oltre che dolori articolari. La misura del manubrio deve quindi essere presa sulle spalle del ciclista all'altezza delle articolazioni delle braccia.

Alcune case considerano la misura trasversale del manubrio come la distanza tra le due estremità del tubo (misurazione fine-fine), altre considerano il tratto compreso tra i due centri (misurazione centro-centro).

I manubri moderni devono tenere conto anche di altre due misure: il Reach (profondità della curvatura) e il Drop (distanza massima tra appoggio superiore e inferiore).

Questa misura è importante proprio oggi che la forma del manubrio è così varia a seconda delle competizioni, dello stile dei ciclisti e del gusto estetico.

## 7.6 La forma del manubrio

Le forme del manubrio sono molto varie a seconda del campo di utilizzo delle biciclette. Le mountain bike utilizzano manubri con forma retta o pressoché tale, mentre le city bike presentano forme ricurve. Per le biciclette da competizione si hanno in genere forme molto curvate verso il basso per potere disporre durante il moto di varie posture: alta intermedia o bassa. I manubri delle biciclette da cronometro o triathlon hanno invece una forma curvata verso l'alto che permette di assumere una posizione di guida schiacciata e molto aerodinamica.



Figura 7.8: Misurazione del reach e del drop dello sterzo.



Figura 7.9 Esempio di manubrio per mountain bike; modello *Bonga* della *Gass*, realizzato in alluminio 7075.



Figura 7.10 Esempio di manubrio per biciclette da competizione; modello *Cobia* della *Gass*, realizzato in alluminio 6061.



Figura 7.11 esempio di manubrio di una bicicletta da crono della casa costruttrice *Guru*.

### 7.7 Aggrapparsi al manubrio

Le posizioni che si possono assumere con le mani sul manubrio durante il moto sono davvero molto varie, ma le principali sono tre: presa alta, presa intermedia e presa bassa.

- *Presa alta*. È la classica presa sul manubrio. Il peso del ciclista in tal maniera è più spostato sul posteriore, ma la resistenza aerodinamica è maggiore che con altre posizioni. I ciclisti

professionisti la adoperano nell'affrontare le salite stando seduti sul sellino. Viene adoperata anche per la guida delle mountain bike, ma in tal caso bisogna cercare di non tenere le braccia tese poiché gli urti e le buche trasmetterebbero dolorosi colpi alle articolazioni.



Figura 7.13: Presa alta.

- *Presa intermedia.* La presa in questo caso è collocata alle estremità laterali del manubrio in posizione a cavallo con le leve dei freni o con un dito sulla leva, pronto a frenare in caso di necessità.



Figura 7.14: Presa intermedia.

- *Presa bassa.* È la posizione più aerodinamica con la presa collocata sulla curvatura verso il basso del manubrio e le mani

sulle leve del freno. Tale posizione ovviamente assicura ottima prontezza di riflessi per l'azionamento dei comandi delle leve, ma è una posizione adatta al moto rettilineo.



Figura 7.15: Presa bassa.

## 7.8 Le prolunghe manubrio

Le prolunghe da manubri sono delle appendici aerodinamiche che permettono di spostare le braccia in avanti in una posizione tale che esse siano ravvicinate tra loro per una migliore penetrazione aerodinamica. Il busto sarà così spostato in avanti e più inclinato verso il suolo contribuendo a ridurre le resistenze dell'aria. Le prolunghe venivano usate fino ad alcuni anni fa sia in gare a cronometro e triathlon che in competizioni in linea, ma oggi per queste ultime sono state vietate. Si ritiene infatti che l'allontanamento delle mani dai comandi dei freni comporti un aumento del rischio di incidenti nelle frenate. In realtà sono stati fatti degli studi che hanno provato la non eccessiva rilevanza del ritardo in frenata con l'utilizzo delle prolunghe: i tempi per il cambio di posizione e azionamento dei freni sul manubrio non si discostano di molto da quelli rilevati in assenza di esse. Inoltre l'utilizzo delle prolunghe è un ottimo modo per cambiare posizione durante le gare e riposare i muscoli. Esistono due tipologie di prolunghe: prolunghe da crono e prolunghe a "spinaci".



Figura 7.17: Manubrio con prolunghe integrate da crono modello *Bat* della *Cinelli*.



Figura 7.18: Prolunghe corte modello *Spinaci Light* della *Cinelli*.

### 7.8.1 *Prolunghe da crono*

Sono molto protese in avanti e quindi il busto ne risulta molto inclinato. Permettono di ottenere quindi un'ottima penetrazione dell'aria. Il loro utilizzo è specifico per gare da crono e da triathlon poiché le mani sono molto lontane dai comandi dei freni ed in queste gare ciò non risulta un problema.

### 7.8.2 Prolunghe a “spinaci”

Si tratta di prolunghe molto corte, il cui nome deriva dalla loro forma caratteristica. Esse non danno certo rilevanti vantaggi aerodinamici ma permettono una posizione di riposo per le braccia che poggiano all'altezza degli avambracci sul manubrio e con le mani in presa sulle prolunghe. L'utilizzo di esse può a volte anche rivelarsi un vantaggio per l'impostazione delle salite ove ci si aggrappa ad esse per gestire meglio lo sforzo.

### 7.9 Il nastro manubrio

Le zone del manubrio in cui verrà effettuata la presa da parte delle mani nude o con guantini, viene rivestita con del nastro apposito.



Figura 7.19: Nastro per manubrio della *FSA*.

Si tratta di un nastro colorato con inserti in gel, realizzato in una miscela di polimeri e sughero e a volte aggiunte di cuscini gommosi. Gli scopi da realizzare con l'uso di questo nastro sono molteplici e vanno dall'assicurare un perfetto grip nella presa in ogni condizione, al nascondere i cavetti dei freni al di sotto di esso. Inoltre smorzano le vibrazioni trasmesse al manubrio durante il moto ed assorbono il sudore delle mani lasciandole asciutte e al tempo stesso facendole traspirare.



Figura 7.20: Manubrio rivestito con il nastro modello *BiColor* della *Cinelli*.



## Capitolo 8



I freni

## 8.1 I concetti generali

I freni sono il complesso di organi che permettono alla bicicletta di arrestarsi. Essi hanno avuto e continuano ancora oggi ad avere una evoluzione in semplicità, efficienza, affidabilità e leggerezza.

Il sistema di frenatura è quindi composto da:

- *Freni*
- *Leve del freno*
- *Pattini*

## 8.2 I freni

È bene definire i vari tipi di freni che possono essere montati sulle biciclette, mettendone in luce i pro e i contro di ciascuno. I vari tipi che le biciclette d'oggi adoperano sono:

- *Freni ad archetto*
- *U-Brakes*
- *Cantilever*
- *V-Brake*
- *Freni a disco*

### 8.2.1 Freni ad archetto

Si tratta di freni realizzati ed utilizzati soprattutto dalle biciclette da corsa, grazie alla loro modulabilità e semplicità costruttiva. Sono costituiti da due archetti metallici che ad una estremità presentano i pattini mentre all'altra due occhielli per il passaggio del cavetto del freno. I due archetti sono mutuamente fissati mediante un perno che ne permette la rotazione reciproca, realizzando così una leva con fulcro nel perno. Il cavetto del freno presenta il sistema di regolazione del tiraggio sull'archetto superiore, ed è fissato su quello inferiore. Agendo sulla leva del freno, il cavetto tira l'archetto inferiore verso il

superiore mentre le altre due estremità con i due pattini si richiudono come una pinza sulle piste frenanti della ruota.



Figura 8.1 Freno ad archetto modello *Xenon* della *Campagnolo*.

### 8.2.2 U-Brakes

Tale tipologia è una evoluzione diretta del tipo ad archetto e potremo tradurlo in italiano come “freno ad archetto a doppio fulcro”. Esso infatti prevede due archetti metallici posti simmetrici rispetto alla ruota e ciascuno con un pattino ad una estremità ed il cavetto del freno all'altra. Gli archetti sono collegati ai due steli della forcella

mediante un perno, per cui il sistema che ne risulta è sempre del tipo a leva, solo che adesso i due archetti funzionano come due leve separate con fulcro nei rispettivi perni. Tirando il cavetto del freno i due archetti stringono i pattini contemporaneamente contro le piste frenanti della ruota. Tale sistema tuttavia non ha riscosso molto successo ed oggi è in disuso.



Figura 8.2 Un esempio di freni U-Brakes (tratta da <http://www.sheldonbrown.com> ).

### 8.2.3 Cantilever

I pattini sono sorretti da due corpi metallici collegati agli steli della forcella mediante due perni che fungono anche da fulcro per la leva sfruttata dai due corpi. Quest'ultimi sono collegati tra loro attraverso un tratto di cavetto che al momento della frenata viene tirato da un cavo verticale collegato alla leva sul manubrio e così i corpi spingono i pattini a contatto con le piste frenanti della ruota. Il sistema *Cantilever* è oggi abbandonato, ma fino ad una decina di anni fa era ancora usato sulle mountain bike poiché la sua struttura aperta e scheletrica non permetteva accumulo di fango tra ruota e freno.

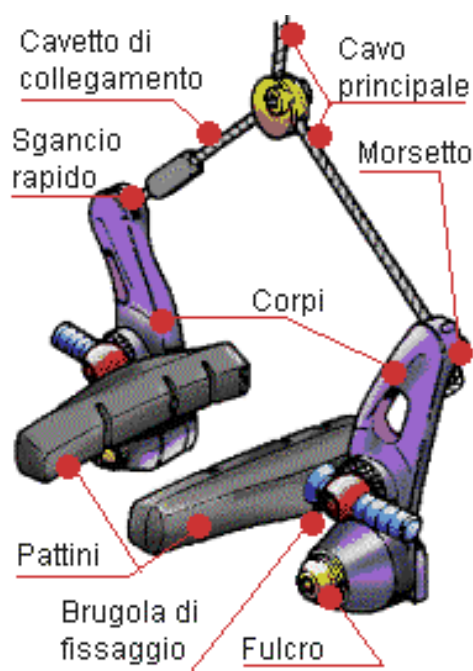


Figura 8.3 Schema della struttura dei freni Cantilever (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

#### 8.2.4 V-Brakes

Sono l'evoluzione dei *Cantilever*. Il principio di funzionamento è lo stesso; basato sulla leva che i due corpi sfruttano essendo collegati agli steli della forcella mediante dei perni che fanno da fulcro. La differenza sta nel sistema di azionamento della leva, cioè nel tiraggio del cavetto. In questo caso infatti non vi sono due cavetti, uno per collegare i due corpi ed uno per tirarli, ma bensì un unico cavetto, quello del freno. Esso, partendo dalla leva sul manubrio, scende verticalmente e passa attraverso uno dei due corpi che ha solo funzione di guida per il cavo, e giunge orizzontalmente al secondo corpo ove è fissato. Il cavetto assume stavolta una posizione orizzontale, racchiuso in un soffietto di protezione tra i due corpi, e non triangolare come nel caso precedente. Questa soluzione permette una maggiore potenza

frenante tale da garantirne il funzionamento in presenza di sporcizia o umidità tra pattini e piste frenanti. I pattini con tale soluzione sono in genere di dimensioni estese. La frenatura quindi avviene con il tiraggio del freno che costringe i corpi ad avvicinarsi tra loro spingendo i pattini a contatto con le piste frenanti della ruota. Al cessare della trazione da parte del filo i corpi tornano in posizione di riposo sotto l'azione di due molle. I freni *V-Brakes* sono ancora oggi usati specie sulle mountain bike.

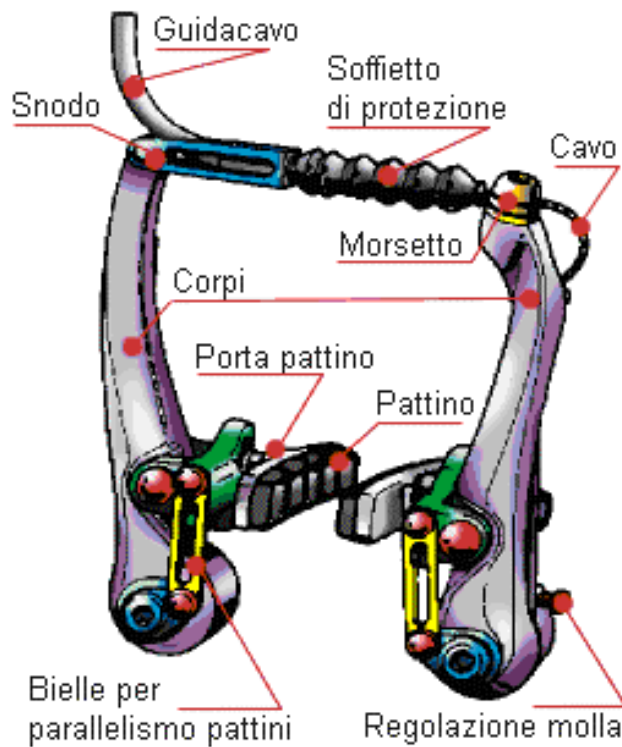


Figura 8.4 Schema della struttura dei freni V-Brakes (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

### 8.2.5 Freni a disco

Sono le ultime evoluzioni di freni tuttavia il loro uso resta limitato alle mountain bike a causa del loro peso eccessivo e dei bloccaggi delle ruote che essi comportano.

Si tratta di dischi metallici in leghe sempre più leggere e affidabili solidali alla ruota, attraverso fissaggio sul mozzo, sui quali la frenatura avviene tramite dei pattini azionati dal cavetto (freni a disco meccanici) o dal liquido sotto pressione (freni a disco idraulici). Il tipo idraulico è molto più efficiente del tipo meccanico e quindi preferito. Il primo infatti prevede che sia il liquido sotto pressione, azionato dalla pompa a spingere, attraverso pistoncini di varie dimensioni, i pattini a contatto con il disco permettendo un bloccaggio preciso e modulabile. Il tipo meccanico è spesso affetto dall'inconveniente del mancato ritorno dei pattini in posizione di riposo.



Figura 8.5 Un esempio di freno a disco idraulico. Si tratta del modello *Juicy* della *Avid*.

I dischi sono spesso forati per permettere la dispersione del calore e instaurare anche un sistema autopulente.

Per l'uso fuoristrada, ove il bloccaggio delle ruote permette di derapare, i freni a disco si rivelano i migliori in assoluto, invece per un uso stradale rendono il moto instabile, e apportano inoltre un aumento di peso a causa della loro struttura. Infatti, non comportano solo il peso del disco, dei pattini e dei pistoncini racchiusi nel meccanismo, ma anche il peso della pompa e del mozzo rinforzato sulla ruota, dato che questo tipo di freni può essere montato solo su ruote con opportune soluzioni di rinforzo.

Una piccola nota va fatta per il caso di caduta; in genere essa comporta una deformazione del cerchio della ruota, con problemi quindi anche per la frenata sui modelli di biciclette con freni non a disco, legati alle piste frenanti. Invece le biciclette con freni a disco non risentirebbero di problemi ai freni, essendo il disco ancora integro.

### **8.3 I pattini**

Sono gli organi che sono spinti verso le piste frenanti nel caso di freni tradizionali, o verso i dischi forati nel caso di freni a disco. Sono realizzati in un materiale resinoso ad alta densità e caratterizzati da intagli per il drenaggio dell'acqua e lo smaltimento delle polveri.

I pattini devono assicurare il massimo attrito possibile per generare così la forza frenante in grado di fermare rapidamente la ruota, tuttavia devono anche garantire una buona durata e quindi resistenza all'usura. Per il montaggio bisogna fare attenzione al verso dei modelli con porta pattini per evitare che i pattini ne escano in frenata. Oggi sono molto diffusi anche i modelli realizzati in un unico pezzo.

I pattini per freni tradizionali possono essere di due tipi: normali e speciali. I primi servono per le normali piste frenanti dei cerchi in alluminio, mentre gli speciali sono per l'uso con cerchi in carbonio. In quest'ultimo caso il materiale da utilizzare deve contenere una forte percentuale di sughero per una diversa dispersione del calore rispetto ai tradizionali. Infine esistono anche dei pattini speciali adatti all'uso sotto la pioggia, ma sono poco usati, poiché sull'asciutto hanno prestazioni molto scarse.





Figura 8.6 A sinistra pattini tradizionali in un unico pezzo prodotti dalla *Sram*; a destra pattini per freni a disco della *Avid*.

#### 8.4 Le leve dei freni

Le leve dei freni oggi sono un unico gruppo con i comandi del cambio. Alcuni ciclisti professionisti preferiscono le leve tradizionali per guadagnare in leggerezza ed ottenere soluzioni più snelle, ma in realtà l'aggiunta dei manettini per i comandi separati finisce per apportare un aumento di peso che uguaglia la soluzione a comandi integrati.



Figura 8.7 Un esempio di manopola di freni con comandi dei freni integrati; modello *Ergopower* della *Campagnolo*.

In competizioni particolari come le gare di Triathlon è necessario tenere la posizione aerodinamica di guida sulle prolunghe del manubrio, per cui i comandi del cambio vengono spostati in modo da essere a portata di mano, lasciando le leve dei freni sul manubrio. La leva del freno è fissata al cavetto attraverso una vite di regolazione del tiraggio. E' quindi possibile in qualsiasi momento agire su di essa per un'opportuna regolazione.

## **8.5 La manutenzione dei freni**

La periodica manutenzione dei freni interessa pressoché esclusivamente i pattini e raramente i meccanismi di azionamento di questi o i cavetti.

Una periodica lubrificazione dei perni è sufficiente per i meccanismi, facendo attenzione a non ungere anche i pattini e le piste frenanti.

È opportuno sostituire i cavetti almeno una volta l'anno indipendentemente dai chilometri fatti, poiché sono soggetti ad ossidazione.

I pattini devono essere controllati periodicamente per verificarne la corretta posizione rispetto alle piste frenanti, usura e elasticità della gomma. Se la superficie, di contatto con le piste frenanti, presenta intagli di profondità minima o nulla è necessaria la loro sostituzione.

I pattini vanno sostituiti anche quando perdono le proprietà di elasticità e sono quindi secchi, per il basso coefficiente di attrito e la conseguente scarsa efficacia frenante.

## Capitolo 9



Il sellino

## 9.1 I concetti generali

È il tramite tra telaio della bicicletta e ciclista. Il suo ruolo è molto importante sotto vari aspetti. Il sellino permette al ciclista di stare seduto sulla bicicletta, ma al tempo stesso deve permettere il movimento delle gambe impegnate nella pedalata. Ovviamente il confort e lo smorzamento delle vibrazioni sono importanti specie per i ciclisti in competizioni ufficiali, i quali passano ore sulla bicicletta, tuttavia in primo luogo viene il corretto movimento. Un tempo i modelli di sellino erano pochi e pressoché tutti simili per tipologia costruttiva. Lo scafo era imbottito con del cuoio e poi con la copertura per cui con il tempo e l'uso esso si adattava perfettamente al ciclista, creando grossi problemi al momento della sostituzione dovuta all'usura. Oggi invece ne esistono di vari tipi, materiali, forme e strutture pronte a soddisfare ogni richiesta dei ciclisti.

## 9.2 La struttura del sellino

Lo si schematizza nelle sue quattro parti fondamentali:

- *Telaio*
- *Scafo*
- *Imbottitura*
- *Copertura*

### 9.2.1 Il telaio

Si tratta di un lungo tubo metallico sagomato per descrivere una forma triangolare. La parte centrale è detta carrello ed è caratterizzata dall'aver i due lati del triangoloide, paralleli; è in tal punto che avviene il fissaggio al reggisellino e quindi al telaio. Il carrello è in genere metallico, dall'acciaio al titanio, e di varia lunghezza per permetterne varie regolazioni.

Le estremità del telaio sono due dei tre punti d'appoggio con i quali

il telaio è fissato (ad incastro o per incollaggio) allo scafo del sellino; il terzo punto è il vertice del triangoloide.

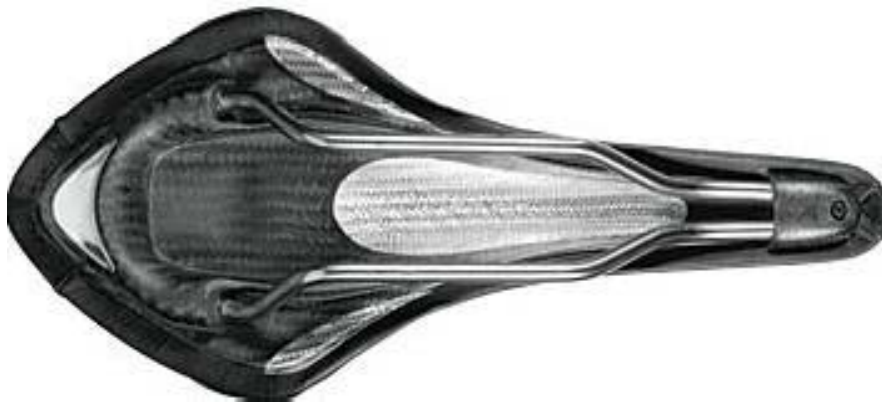


Figura 9.1 Telaio del sellino modello *Fizik Carbon Black White insert con carrello in Titanio* della casa costruttrice *Arione*.

### 9.2.2 Lo scafo

E' il tramite tra imbottitura e telaio ma svolge anche l'importante funzione di smorzare urti e vibrazioni. In genere è fatto di materiale plastico per i sellini economici ma ne esistono modelli in fibra di carbonio e con inserti di elastomeri (per aumentare la capacità di smorzamento delle vibrazioni). Alcune soluzioni prevedono inserti di elastomeri nei punti di attacco tra telaio e scafo.

La forma dello scafo è anche la forma del sellino: essa deve essere tale da non intralciare il movimento della pedalata.

### 9.2.3 L'imbottitura

Il confort del sellino è dato senza ombra di dubbio dall'imbottitura anche se esistono in commercio sellini che ne sono privi, cioè con la copertura applicata direttamente sullo scafo. Essa è in genere realizzata in una schiuma poliuretanicca e al giorno d'oggi non è raro trovarne con inserti in gel.

La schiuma poliuretanică rende confortevole lo stare seduti e la guida, ed è caratterizzata dal fatto che una volta scesi essa riprende la forma originaria; in realtà con l'usura ed il tempo essa tende sempre a cedere e a non riprendere più forma originaria. Inoltre la schiuma dà un confort pressoché omogeneo su tutta la sella. In certe zone sono previsti spessori maggiorati per tenere conto di maggiori concentrazioni di peso a differenza di altre zone, ritenute non critiche, dove è assottigliata. Oggi vengono praticati degli inserti in gel in zone particolari proprio per ottenere una caratteristica di risposta omogenea e sempre uguale se soggetto a pressione. Le case costruttrici oggi si dividono fra due "scuole" diverse: quella delle selle normali e quella delle selle con il buco. Le selle forate sono nate dalla necessità di migliorare il confort in particolari zone come quella perinatale, ove uno schiacciamento eccessivo può portare problemi alla prostata. Qui viene praticata una scalmanatura più o meno profonda o in certi casi un foro passante nella parte centrale.



Figura 9.2 Sellino innovativo modello *Arami GelAround* della *San Marco* caratterizzato dal foro centrale e da inserti di racegel nell'imbottitura.

Le case costruttrici delle selle senza foro replicano comunque che siffatta soluzione rischia di scaricare troppo la zona centrale a discapito delle laterali ove vi sarebbe una concentrazione eccessiva di pressione.

#### *9.2.4 La copertura*

È la pellicola esterna dell'imbottitura ed è ciò che più colpisce un occhio non esperto, per le sue colorazioni o finiture estetiche. Tuttavia non è solo questo il suo ruolo, anzi ben altro.

La copertura deve essere innanzitutto tale da fare traspirare il calore e non farlo accumulare, deve inoltre essere tale da non causare o meglio non ostacolare lo scivolamento del bacino su di essa durante la pedalata. Inoltre deve essere impermeabile all'acqua ed asciugarsi rapidamente; infine deve essere di materiale elastico e non troppo ruvida per non danneggiare i pantaloncini.

### **9.3 Regolare la sella**

Le possibili regolazioni della sella si limitano a tre:

- *Altezza*
- *Orientamento*
- *Arretramento*

#### *9.3.1 Regolazione dell'altezza della sella*

Per quanto riguarda l'altezza ci sono due modi per determinare quella giusta; uno basata su una tabella ed uno molto più pratico.

Il metodo che si basa sulla tabella è molto semplice. Presa la misura del cavallo si va a leggere nella tabella l'altezza di sella relativa al nostro caso. Inoltre moltiplicando l'altezza del cavallo per appositi fattori, è possibile determinare le dimensioni indicative del piantone (lunghezza ottenuta moltiplicando per 0.65), l'altezza della sella dal movimento centrale (moltiplicando per 0,885) e la distanza relativa tra la punta della sella ed il manubrio (moltiplicando per 0.635).

Tabella 9.1 Si riportano i valori dell'altezza del cavallo e le relative altezze di sella (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)):

Altezza cavallo	Altezza sella	Altezza cavallo	Altezza sella
75	66,4	88	77,9
76	67,3	89	78,8
77	68,1	90	79,7
78	69	91	80,5
79	69,9	92	81,4
80	70,8	93	82,3
81	71,7	94	83,2
82	72,6	95	84,1
83	73,5	96	85
84	74,3	97	85,8
85	75,2	98	86,7
86	76,1	99	87,6
87	77	100	88,5

Il secondo metodo, dettato molto dalla praticità consiste nel sedersi sulla sella e regolarne l'altezza in modo che la gamba sia distesa completamente e il tallone poggi sul pedale parallelo al terreno nella posizione di punto morto inferiore. La misura verrà presa tra la sella e il pedale nella posizione orizzontale e questa misura terrà quindi conto anche del cedimento della imbottitura della sella sotto il peso del corpo. Bisogna fare attenzione che la misura sia presa con il pedale e non il piede poiché lo scarpino è in genere sagomato per tenere il piede non proprio orizzontale ma bensì in posizione di spinta.

### 9.3.2 L'orientamento della sella

L'orientamento deve essere regolato in maniera tale che il sellino sia perfettamente allineato con la bicicletta; piccolissime variazioni in un verso o nell'altro potrebbero influire anche significativamente sulla pedalata. Invece l'orientamento orizzontale si deve fare con una livella, regolandosi con la bolla, poiché esistono molti sellini con la



parte posteriore rialzata. Di ciò bisogna tenere conto al momento della regolazione, puntando la livella 1,5-2 centimetri più avanti rispetto al bordo posteriore. Sellini con inclinazione all'indietro portano intorpidimento dei muscoli, quelli con inclinazione in avanti portano ad un rapido affaticamento delle braccia perché il peso è spostato eccessivamente in avanti.

### 9.3.3 Arretramento della sella

Per arretramento della sella si intende la distanza tra due rette parallele, virtualmente tracciate l'una per la punta del sellino (e perpendicolarmente al terreno) e l'altra per il movimento centrale (anche essa perpendicolarmente al terreno). A seconda del tipo di sellino tale distanza aumenta o diminuisce in funzione della lunghezza e curvatura degli scafi.

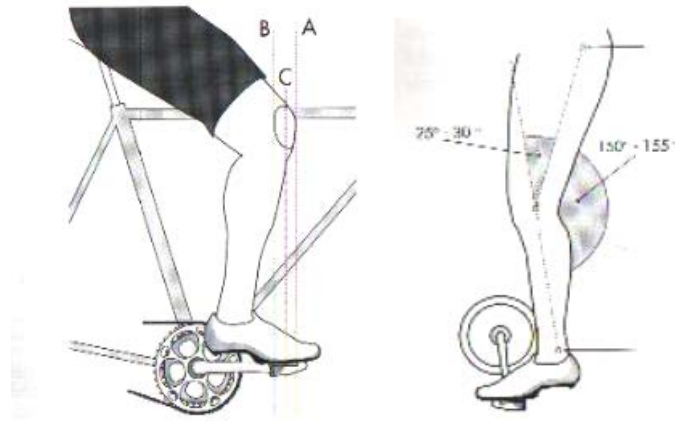


Figura 9.3 Nella immagine a sinistra è possibile notare la regolazione dell'arretramento del sellino quando il pedale è in posizione più avanzata; nell'immagine a destra invece si notano alcuni degli angoli della gamba quando il pedale è al punto morto inferiore (i disegni sono tratti da: *Zeno Zani -Pedalare Bene - Ediciclo* e da *Zeno Zani - Le tecnopatie nel Ciclismo - Ediciclo* <http://www.ediciclo.it>).

L'arretramento migliore dipende dal sellino e dal movimento del ciclista poiché deve essere tale da permettere l'angolo di spinta ottimale tra anca e movimento centrale; vanno quindi studiati a fondo anche i movimenti del piede e della caviglia. Infatti se il moto del piede attorno al movimento centrale è un cerchio, non lo è anche per la caviglia che anzi compie un moto ellittico. La fase ideale di spinta sarà dunque tra l'undicesima e la settima ora di un virtuale quadrante di orologio sovrapposto al cerchio disegnato dal pedale nel suo moto. Il piede peraltro deve trovarsi a spingere con la corretta angolazione per sfruttare al meglio l'allungamento e la compressione ciclica dei muscoli durante lo sforzo della pedalata.

Per dare una misura di massima dell'arretramento diciamo che il ginocchio dovrebbe essere sulla verticale all'asse del pedale quando questo si trova nella posizione più avanzata rispetto al movimento centrale (v. Fig 9.3)



Figura 9.4 Notare il sistema di regolazione millimetrico dell'arretramento e le due viti di regolazione.

## 9.4 Il canotto reggisella

Si tratta di un tubo con l'estremità in basso troncata mentre quella in alto è detta testa ed è la parte che si fissa al sellino. Consta due di due parti:

- *Tubo*
- *Testa*

### 9.4.1 Il Tubo

Il tubo ha dimensioni che variano in un certo range standard a seconda dell'utilizzo e del telaio su cui dovrà essere calettato. Il diametro va dai 27,2 mm come standard a 32,4 mm ed anche 34,6 mm per tubi oversize. Questi ultimi si stanno oggi diffondendo per le loro caratteristiche di resistenza unitamente a grande leggerezza. Il principio su cui si basano è la realizzazione di spessori sottilissimi con diametro esterno maggiorato rispetto a quello dei tubi standard, così che le loro caratteristiche meccaniche sono in realtà superiori. Infatti l'aumento di diametro comporta un aumento del momento resistente e del momento di inerzia, pari a quelli di tubi ben più pesanti.

La lunghezza standard è 250 mm ma il crescente utilizzo di telai a geometrie sloping ha portato un aumento fin anche a 350 mm o addirittura a 400 mm per le mountainbike. C'è anche una vasta scelta di materiali: dall'acciaio, all'alluminio, al titanio e alle fibre di carbonio.

Queste ultime offrono leggerezza e resistenza superiori agli altri materiali e le case costruttrici assicurano inoltre una maggiore capacità di assorbimento delle vibrazioni. Se si sceglie dunque la soluzione in carbonio si deve solo fare attenzione a non inserire il grasso durante il calettamento del tubo nel piantone e soprattutto a non stringere eccessivamente il collarino per il bloccaggio del tubo per non danneggiarlo.

Il reggisella è quella piccola sezione di tubo che congiunge il telaio della bicicletta alla sella. Dal punto di vista tecnico il "canotto sella" (così viene anche definito) è piuttosto semplice. Si tratta di un tubo troncato all'estremità in basso con un supporto, nella parte alta, nel

quale viene inserito il telaio della sella (la dimensione è standard per tutti i modelli)



Figura 9.5 Il modello *Gass Sprat della casa costruttrice Gass* presenta un tubo in carbonio con la testa in alluminio 2014T-6 forgiata.



Figura 9.6 Un esempio di collarino del reggisella.

#### 9.4.2 La testa

Ogni testa è spesso inserita a pressione nel tubo, altre volte incollata (come nei casi di testa in alluminio e tubo in carbonio) e in altri casi i un unico pezzo con il tubo (monoscocca). La testa ha una caratteristica forma a mezzaluna ove attraverso due semi gusci la si fissa al telaio del sellino. Il tutto è serrato con una o due viti. Il sistema a una vite è di montaggio più rapido; la vite svolge al tempo stesso sia la regolazione dell'inclinazione che dell'arretramento, per cui bisogna stare molto attenti. Il sistema a due viti è più interessante poiché una vite serve per regolare l'arretramento e l'altra per l'inclinazione, tuttavia in certi casi la seconda vite è un po' nascosta e richiede una chiavetta particolare.

### 9.5 Il collarino del reggisella

Si tratta di un collarino metallico con due occhielli nei quali risiede una vite a brugola da 4-5 millimetri per il bloccaggio. Il collarino va posizionato sul tubo piantone nel punto in cui vi è un taglio verticale; serrando la vite è possibile bloccare il tubo del canotto reggisella sul

piantone. Tuttavia un tal sistema non può essere adoperato per cannotti reggisella in carbonio poiché un eccessivo serraggio li danneggerebbe; per questi sarebbe ideale un serraggio uniforme. Un metodo è quello di posizionare il collarino con la vite in posizione diametralmente opposta rispetto al taglio sul piantone; o in alternativa attraverso l'uso di collarini con vite parallela al taglio del piantone. Comunque indipendentemente dal materiale adoperato è buona norma non eccedere nel serraggio per non danneggiare la vite. Conviene usare chiavi dinamometriche ed attenersi alle coppie di serraggio consigliate.

## Capitolo 10



### Il cambio

## 10.1 I concetti generali

Parlare di cambio significa parlare di tutti i meccanismi che con esso partecipano alla trasmissione del moto. I marchi delle case costruttrici sono essenzialmente due: Shimano e Sram, ma esistono anche pochi modelli artigianali. La differenza tra i cambi Shimano e quelli Sram è localizzata sulle leve di comando. I primi utilizzano levette, mentre i secondi delle manopole simili a quelle dell'acceleratore delle motociclette. Il sistema di cambiata è costituito da:

- *Cambio*
- *Deragliatore*
- *Cavi e guaine*
- *Leve e comandi*
- *Pacco pignoni*
- *Guarnitura*

## 10.2 Il cambio

Il cambio (o deragliatore posteriore) propriamente detto ha sede sulla ruota posteriore della bicicletta ed è il vero centro di tutto il meccanismo. Infatti è grazie ad esso che è possibile agire modificando il numero di giri delle moltipliche anteriori in modo da regolare così lo sforzo di pedalata del ciclista.

La sua forma può cambiare a seconda che si tratti di Shimano, che di Sram, comunque lo schema di funzionamento è comune:

- *corpo superiore*: serve per fissarlo al telaio all'altezza degli occhielli dei forcellini;
- *corpo mediano*: si trova tra il corpo superiore e l'inferiore e contiene al suo interno la molla di ritorno;



- *corpo inferiore*: sostiene il bilanciante e contiene la molla con cui tiene in tensione la catena;
- *bilanciere*: si tratta di due piastrelle metalliche parallele al cui interno scorre la catena su due puleggie.

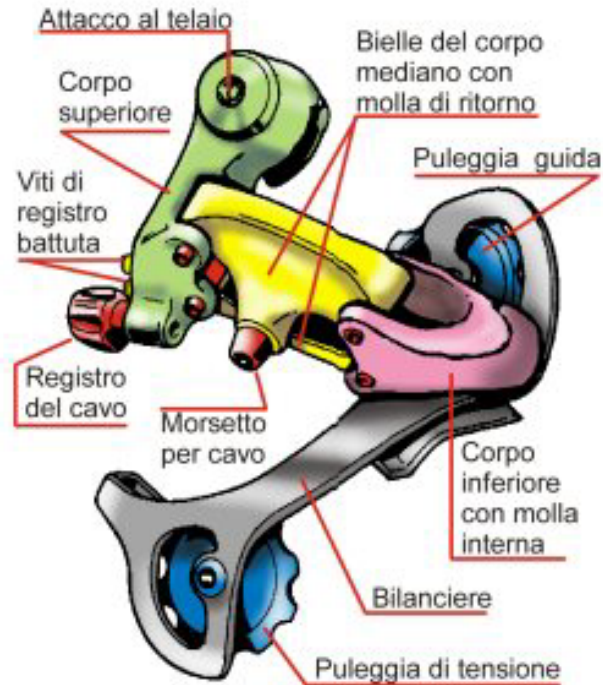


Figura 10.1 Cambio o deragliatore posteriore (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

La molla che tiene in tensione la catena serve ad evitare che essa possa “saltare” da un rapporto all’altro. Per regolarne la tensione si può agire sulla vite di registro del cavo. Le altre due viti presenti servono per regolare la battuta interna ed esterna rispetto al pacco pignoni.

### 10.3 Il deragliatore

Il deragliatore anteriore è il componente che permette alla catena il passaggio da una moltiplica all'altra sulla guarnitura. È costituito da:

- *gabbia*: struttura semichiusa nella quale scorre la catena;
- *snodo*: è comandato da un cavetto intrecciato che muove la gabbia costringendo la catena al suo interno a passare da una moltiplica alla successiva;
- *corpo*: fissato sul piantone ha due viti di registro che determinano le corse massime della gabbia per evitare che la catena scenda dalle stelle esterne.

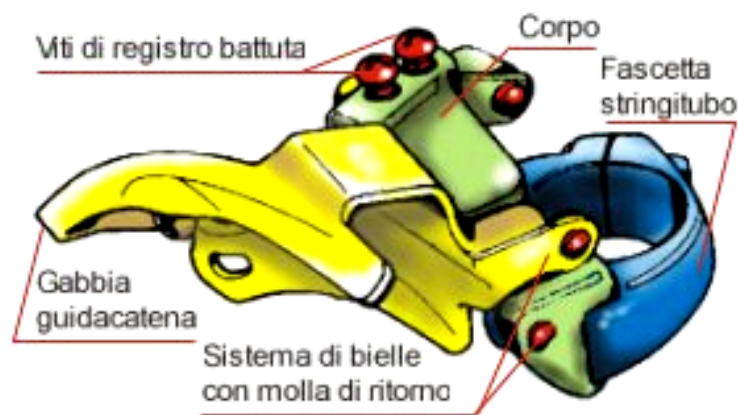


Figura 10.2 Deragliatore anteriore (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

Un tempo era saldato al tubo piantone, ma oggi, con i nuovi telai alleggeriti, è fissato ad esso attraverso una fascetta regolabile. Anche il deragliatore è provvisto delle viti di regolazione della battuta per controllare quindi il corretto passaggio della catena da una moltiplica alle altre.

### 10.3 Cavi e guaine

Sono strumenti necessari per l'azionamento degli organi meccanici della bicicletta come freni e cambio. I cavi sono formati in acciaio, intrecciati con molti filamenti, per una maggiore resistenza alle sollecitazioni. Essi sono scoperti all'interno dei meccanismi del cambio, ma nei tratti che da essi dipartono verso le leve di comando sono contenuti in delle guaine. Queste ultime sono degli involucri che proteggono i cavi dall'attacco degli agenti esterni; si tratta di cilindri PVC all'esterno ed in Teflon all'interno in modo da ridurre al minimo gli attriti e l'usura.



Figura 10.3 Schema struttura delle guaine (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

### 10.4 I comandi del cambio

I comandi del cambio sono essenzialmente di due tipi: *Sram* e *Shimano*.

Il tipo *Sram* ha un funzionamento molto intuitivo. La cambiata è infatti comandata da una manopola che può ruotare in senso orario e antiorario. L'indicatore a lato della manopola segnala il rapporto inserito.

Il metodo *Shimano* invece si avvale di leve per la cambiata di marcia. All'inizio i primi modelli prevedevano una sola leva per salire di marcia o scalare, tuttavia bisognava fare attenzione a passare in

posizioni precise altrimenti la catena poteva cadere dal rapporto. Tali levette erano localizzate sul manubrio o sul tubo obliquo. Successivamente si è passati ad un sistema a due levette del tipo “push-pull” ove appunto come dice il nome bastava una lieve pressione e avveniva la cambiata. Il sistema è un unico gruppo con il freno ed è calettato sul manubrio tramite una fascetta di fissaggio.

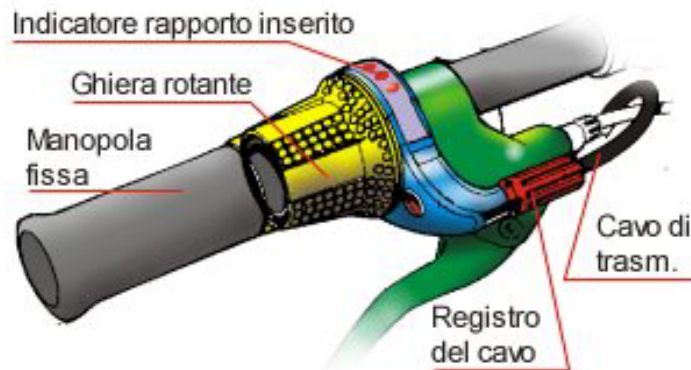


Figura 10.4 Schema struttura comandi di tipo *Sram* (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

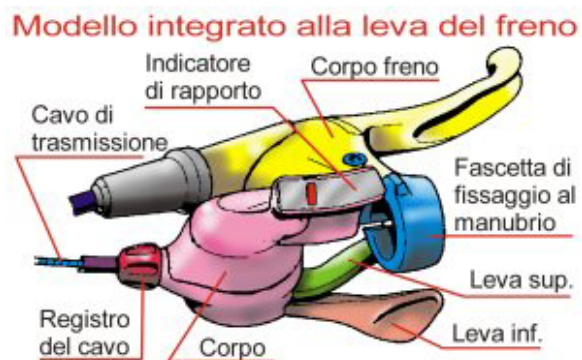


Figura 10.5 Schema struttura comandi di tipo *Shimano* (tratta da <http://www.cicloturismo-mtb.com>).

Oggi i comandi del cambio sulle biciclette da competizione hanno subito una ulteriore evoluzione e quindi sono completamente integrati con quelli del freno; tutto è comandato da una sola leva. Inoltre ora la catena nella cambiata assume posizioni precise e assolute, eliminando il rischio di caduta della catena. Così, soprattutto per le biciclette da competizione, non vi sono più perdite di tempo e si può cambiare marcia mantenendo la posizione aerodinamica protesa in avanti. Le soluzioni per tale nuovo sistema di leve del cambio integrate sono di vari tipi ma quelle maggiormente usate sono Shimano, e Campagnolo.

### *10.3.1 Il sistema Shimano*

Il sistema prevede due leve sovrapposte. Azionando la leva più grande il cavo viene teso e vengono così azionati sia il deragliatore che il cambio, portando la catena sulle stelle più grandi. La leva interna al contrario provoca il rilascio del cavo. Tuttavia tale sistema permette il cambio di più di un pignone alla volta solo in un verso (quello verso le stelle di maggiori dimensioni). Inoltre va detto che in caso di rottura va sostituito tutto il comando a leve. Non è infatti possibile aprirne il cuore del meccanismo.



Figura 10.6 Uno dei nuovi modelli della *Shimano*.

### 10.3.2 Il sistema Campagnolo

Le differenze con il precedente stanno nel fatto che la leva grande comanda il solo freno mentre quella sottostante serve a tirare il cavo, ed è presente una ulteriore leva posta lateralmente che invece rilascia il cavo. Il sistema italiano quindi risulta molto apprezzato dai corridori anche per la possibilità di smontaggio e sostituzione di qualsiasi parte interna in caso di rottura senza ricorrere alla sostituzione dell'intero meccanismo.



Figura 10.7 Il nuovissimo modello *Veloce* del 2006 della *Campagnolo*.

### 10.4 Il pacco pignoni

È l'insieme di 7 o 9 stellette su cui è calettata la catena. Il numero dei denti di ciascuna di esse dipende dalle versioni. La forma delle punte delle stellette è molto smussata per permettere cambiate precise e assolute. La progettazione è legata quindi alla forma della catena.



Figura 10.8 Pacco pignoni con geometria *Ultra-drive* della *Campagnolo*.

Il pacco pignoni è montato direttamente sulla ruota e quindi gira con essa, ma grazie al meccanismo della “*ruota libera*” (presente sul mozzo della ruota) solo in un verso. Così infatti si è risolto il problema delle prime biciclette in cui il ciclista doveva solo pedalare e non poteva mai riposare i piedi fermi sui pedali durante il moto. Per quanto riguarda i materiali utilizzati, va fatta la distinzione tra biciclette di alta e bassa gamma. Le prime hanno certamente catene in titanio, mentre le seconde sono provviste di catene in acciaio; le catene in titanio anche se leggere sono troppo costose. Comunque oggi non è raro incontrare pacchi pignoni con soluzione mista: le stelle più grandi sono in titanio (per alleggerirle, viste le dimensioni maggiori), mentre quelle più piccole sono in acciaio. Per l’uso in biciclette da competizione oggi è possibile l’utilizzo di pignoni in *Ergal*, una lega di alluminio 7075 molto leggera, ma che ha anche una durata limitata a circa quattromila chilometri a causa delle caratteristiche di scarsa durezza del materiale che la rendono soggetta ad usura continua durante il passaggio sui pignoni della catena.

Le stelletto del pacco pignoni potrebbe portare a fenomeni di flessione specie nella zona dove vi sono le tre stelletto più grandi, per ovviare a ciò e per alleggerirle, spesso esse formano un unico pezzo. Invece le altre sono separate tra loro e distanziate mediante dei cerchietti di

dimensione differente a seconda della posizione nel pacco pignoni, detti appunto *distanziali*.

## 10.5 Le moltipliche

Per moltiplica doppia o tripla si intende il numero di corone presenti nella guarnitura. I due tipi hanno evoluzione parallela poiché le soluzioni cui giungono sono ancora oggi molto apprezzate e dipendono dallo stile del ciclista.

### 10.5.1 La tripla moltiplica

Permette una vasta varietà di rapporti dai più corti (anche in scala 1:1 tra giro di pedale e giro di ruota) fino a lunghi sviluppi metrici. Ad esempio il nuovissimo modello *Centaur* della *Campagnolo* permette di avere fino a 30 rapporti.



Figura 10.9 Guarnitura con tripla moltiplica per il modello *Centaur* della *Campagnolo*.

Tuttavia la terza corona comporta un aumento di peso che alcuni ciclisti professionisti non sono disposti a tollerare. Inoltre un passaggio da moltiplica doppia a tripla comporta un totale



cambiamento del gruppo anteriore del cambio e precisamente della guarnitura, del movimento centrale e del deragliatore anteriore (necessita una gabbia più larga); bisogna poi agire sul deragliatore posteriore per regolare il tensionamento della catena. Pertanto i costi di questa soluzione sono a volte proibitivi; infine si può osservare che comporta lievi modifiche alla biomeccanica della pedalata.

#### 10.5.2 *La compact*

Questa soluzione presenta due moltipliche e quindi una soluzione più leggera della tripla, inoltre il passaggio ad essa non comporta molti cambiamenti se non quelli limitati alle corone. Questa soluzione a doppia moltiplica ha come particolarità l'incremento del numero di denti, cosa che le permette una migliore gestione dei rapporti e dell'agilità senza comportare aumento del numero delle corone.



Figura 10.10 Guarnitura con moltipliche di tipo Compact sul modello *Mirage Ct* della *Campagnolo*.

Le soluzioni proposte dalle case costruttrici prevedono infatti assortimenti di 50-36 o 50-34 denti. Con la soluzione di tipo compact oggi è quindi possibile sfruttare meglio la scala dei rapporti posteriori e anche i pignoni più piccoli senza incorrere in problemi con la inclinazione laterale della catena. Tra gli svantaggi di tale soluzione

ricordiamo l'aumento dell'attrito con la catena a causa del maggior numero di denti (i denti sono piccoli e ravvicinati). Inoltre i rapporti ottenuti con la compact sono più corti che con la tripla.

## **10.6 La guarnitura**

La guarnitura è l'insieme della pedivella destra, del "ragno" e delle moltipliche (corone). Oggi si tende a realizzare pedivelle in unico pezzo con il ragno che quindi assumono forme particolari proprio per semplificarne la struttura e alleggerirla allo stesso tempo (sistema *Hollowtech* della *Shimano*). Le due corone vengono fissate a questa struttura attraverso cinque viti a brugola; esse hanno circonferenze molto diverse tra loro e quindi anche molti denti di differenza. La corona Compact più grande prevede 52 - 53 denti, mentre la minore 34 - 36. Le guarniture vanno montate sul movimento centrale all'altezza delle pedivelle.

## **10.7 Come scegliere il rapporto**

Il rapporto deve essere tale da permettere un ritmo per il quale i muscoli non si affatichino eccessivamente e non vi sia un rapido accumulo di acido lattico in essi. Partire ad esempio con un rapporto troppo basso porterebbe ad uno sforzo eccessivo con affaticamento dei muscoli che non lavorerebbero correttamente. Per parlare in termini più specifici, si può dire che la ricerca del rapporto ideale a seconda della situazione del percorso e delle caratteristiche del ciclista deve essere basata su un ritmo minimo, il cui valore è normalmente di 80 giri al minuto, al di sotto del quale si rischia un precoce affaticamento. In effetti tale valore potrebbe non andare bene per le competizioni ove i ciclisti sono allenati e reggono ritmi minimi di 100 giri al minuto.

### *10.7.1 Attriti meccanici*

La trasmissione del moto dipende dalla catena e da come essa lavora; bisogna tenere conto che in certi rapporti essa è soggetta a inclinazioni laterali che la usurano disperdendo un'aliquota dello sforzo del ciclista e possono anche portarla a rottura. Bisogna fare

attenzione a non scegliere rapporti estremi tra i pignoni e le moltipliche, specie nei casi di moltipliche triple.

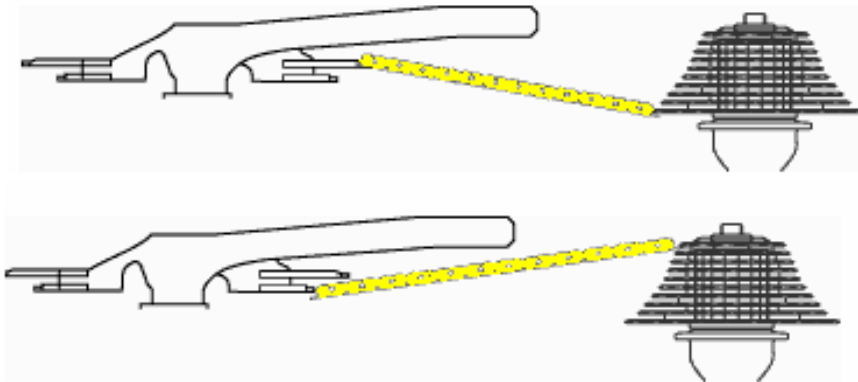


Figura 10.11 Casi da evitare per non danneggiare la catena (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)).

### 10.7.2 La fisica della leva

Le pedivelle sono delle leve che trasferiscono lo sforzo del ciclista trasmesso dall'asse del pedale, posto ad una estremità, al movimento centrale attraverso il suo asse posizionato all'altra estremità della pedivella; tale braccio sarà dunque braccio di potenza. Il tipo di leva è però di seconda specie poiché il braccio di resistenza, compreso tra movimento centrale (fulcro della leva) e posizione della catena, si trova dallo stesso lato del braccio di potenza. A seconda se la catena è posta sulla corona più piccola o sulla intermedia o sulla più grande (nel caso di moltiplica tripla), l'efficacia della leva diminuisce, poiché aumenta il braccio di resistenza restando fermo quello di potenza.

## 10.8 Rapporti e sviluppo metrico

L'utilizzo dei rapporti nasce dalla ricerca di una migliore gestione della potenza in ogni situazione. I vari rapporti permettono sviluppi metrici differenti, dipendenti dal numero di denti del pignone e della

corona sulla quale si trova in un dato momento la catena. Si può scrivere la relazione:

$$S = \frac{M \cdot C}{P} \quad (10.1)$$

nella quale S è lo sviluppo metrico, M è il numero di denti della corona, P quello del pignone e C la misura della circonferenza della ruota. La circonferenza da intendere è quella dello pneumatico a contatto con il suolo. Si riporta di seguito una tabella di esempio.

Tabella 10.1 Sviluppo metrico per ruota da 28" con circonferenza a terra di 2,136 metri (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com))

	11	12	13	14	15	16	17
39	7,573	6,942	6,408	5,95	5,554	5,207	4,9
40	7,767	7,12	6,572	6,103	5,696	5,34	5,026
41	7,961	7,298	6,737	6,255	5,838	5,474	5,152
42	8,156	7,476	6,901	6,408	5,981	5,607	5,277
52	10,097	9,256	8,544	7,934	7,405	6,942	6,534
53	10,292	9,434	8,708	8,086	7,547	7,076	6,659
39	4,628	4,384	4,165	3,967	3,787	3,622	3,471
40	4,747	4,497	4,272	4,069	3,884	3,715	3,56
41	4,865	4,609	4,379	4,17	3,981	3,808	3,649
42	4,984	4,722	4,486	4,272	4,078	3,901	3,738
52	6,171	5,846	5,554	5,289	5,049	4,829	4,628
53	6,289	5,958	5,66	5,391	5,146	4,922	4,717

## Capitolo 11



### Pedali e pedivelle

## 11.1 I concetti generali

Per trasmettere il moto dal ciclista alle corone della guarnitura sono necessari due componenti:

- *Pedali*
- *Pedivelle*

## 11.2 Il pedale

Il pedale è il mezzo sul quale posano gli scarpini del ciclista. Il moto circolare degli scarpini quindi fa ruotare i pedali attorno all'asse grazie ai cuscinetti a sfere tra essi e quindi le pedivelle le guarniture e le corone che sono tra loro solidali.



Figura 11.1 A sinistra un esempio di pedale con gabbietta e punta piedi presentato dalla *Rizzato Sport*; a destra invece un pedale a sgancio rapido della *CapoBianchi*.

Il primi tipi di pedali non prevedevano particolari sistemi per il bloccaggio degli scarpini, ma solo ne ostacolavano lo scivolamento. La necessità però di non staccare mai il piede durante la pedalata ha permesso l'evoluzione di vari sistemi di fissaggio. Si è partiti con semplici fascette per passare ai pedali con gabbietta e punta piedi. Oggi non si è abbandonato il sistema con gabbietta, ma gli è stato

affiancato il sistema a sgancio rapido, nel quale gli scarpini si agganciano al pedale stesso.

### 11.2.1. Il sistema di aggancio

Il sistema è molto semplice. Vi è una tacchetta sulla punta anteriore del pedale in cui va innestata la punta dello scarpino, fino a sentire uno scatto, segno del fissaggio di esso al pedale (v. Fig. 11.2). Lo smontaggio è altrettanto semplice! Si tratta infatti di una semplice rotazione del piede verso l'esterno o in alcuni casi l'interno (v. Fig. 11.2).

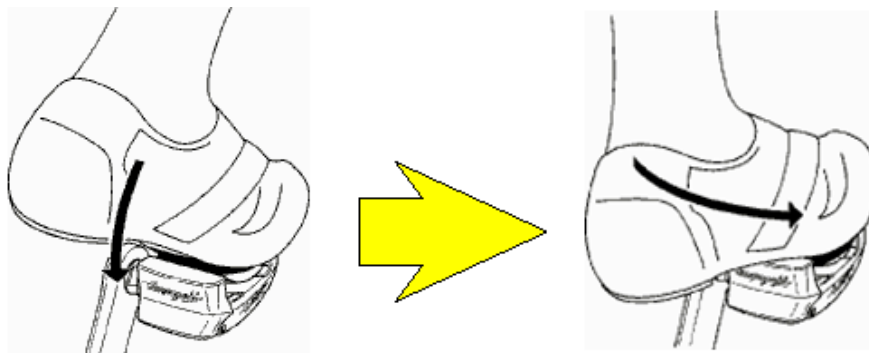


Figura 11.2 A sinistra si nota il movimento di agganciamento dello scarpino; a destra invece il movimento di sgancio (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)).

Il sistema a sgancio rapido è fatto apposta per salvaguardare piede e caviglia del ciclista. Infatti in caso di caduta si può sganciare lo scarpino rapidamente; con il sistema a fascetta o a gabbietta si perde di rapidità.

Il sistema a sgancio rapido inoltre è modulabile. Si può agire su alcune viti per regolare la tensione della molla che aggancia la tacchetta e si può anche regolare la libertà angolare del piede sul piano del pedale, per permettere un posizionamento non fisso sempre mantenendo lo scarpino agganciato.

### 11.2.2 I pedali Speedplay

I modelli di pedali a sgancio rapido sono molti e con forme e dimensioni davvero varie. Quelli della *Speedplay* per la loro unica soluzione di aggancio, per la forma e per le caratteristiche sono, a detta della casa costruttrice, il migliore pedale in commercio.



Figura 11.3 *Speedplay Serie Zero* (tratta da [www.extremeracing.it](http://www.extremeracing.it)).

La molla dell'aggancio non si trova sul pedale ma sulla tacchetta della suola, ne consegue che la forma dei pedali non è più vincolata, potendo assumere una forma più piccola ed essenziale. Infatti i pedali *Speedplay* sono molto piccoli con una forma tondeggiante simile ad una "saponetta" e sono uguali su entrambi i lati. Quest'ultimo è un fattore davvero importante perché nei normali pedali, quando si riparte da fermi, bisogna "trovare" il giusto verso. Invece gli *Speedplay* non hanno un verso particolare per la loro forma simmetrica.



Altri punti di forza di questa tipologia di pedali è data dalle loro dimensioni davvero esigue, tanto che la distanza tra il piano di appoggio e l'asse del pedale è di 8 millimetri, e ciò comporta la possibilità di angoli di inclinazione molto spinti anche pedalando. Con altre tipologie di pedali non si può pedalare durante inclinazioni spinte per il rischio di toccare terra con i pedali.

Infine un altro vantaggio è il grande angolo radiale che si ha a disposizione con essi: l'angolo di flottaggio regolabile arriva a ben 15 gradi per la *Serie Zero*.



Figura 11.4 *Speedplay Serie X* (tratta da [www.extremeracing.it](http://www.extremeracing.it)).

Oggi la *Speedplay* propone una nuova serie, la *Serie X* che offre un angolo di flottaggio libero, nessuna limitazione e nessun rischio di sganciamento dal pedale. La *Speedplay* assicura che la sicurezza dell'aggancio non dipende dalla tensione della molla; il sistema è semplice e non è possibile uno sgancio non intenzionale per un colpo improvviso.

Per quanto riguarda i materiali utilizzati, la *Speedplay* offre modelli in acciaio o in titanio 6/4 dal peso di 150 grammi.

### *11.2.3 Il corpo del pedale*

Tale parte non ha subito una grande evoluzione per quanto riguarda la forma. Negli anni si è solo cercato di alleggerirli il più possibile pur cercando di mantenerne la robustezza. I primi modelli erano in materiale plastico o in acciaio, oggi vengono prodotti anche in lega di alluminio ed in fibra di carbonio.

### *11.2.4 L'asse*

L'asse permette il montaggio dei pedali sulle pedivelle ed al tempo stesso ne permette la rotazione tramite cuscinetti a sfere sigillati. L'usura eventuale dei cuscinetti non implica la sostituzione del pedale e dell'asse, ma la semplice sostituzione dei cuscinetti. Per ciò che riguarda i materiali, essi sono due: acciaio e titanio; il titanio ovviamente è adoperato per biciclette di alta gamma.

## **11.3 Le pedivelle**

Si tratta dei componenti meccanici che permettono di trasferire lo sforzo dal pedale alla guarnitura e attraverso la corona su cui è inserita la catena, trasferirla al pacco pignoni e quindi alla ruota che, trasforma tale moto da circolare a traslatorio. Anche in questo caso sono presenti vari modelli per forme, dimensioni e materiali utilizzati, quindi peso e prezzo oscillano molto; si privilegia comunque la robustezza a scapito della leggerezza. La diversificazione tra le pedivelle va fatta sulle misure della lunghezza, che dipende da molteplici fattori quali le dimensioni fisiche del ciclista ed il suo stile di pedalata.

### *11.3.1 La lunghezza della pedivella*

Per capire meglio l'importanza della lunghezza della pedivella dal punto di vista fisico è bene chiarire innanzitutto alcuni concetti. Lo sforzo trasmesso dal pedale spinto verso il basso con una forza  $F$  genera un momento  $M = F b$  sulla corona. Se ora si considera il caso di una pedivella di lunghezza  $b$  una volta e mezza maggiore, si avrebbe un momento una volta e mezzo maggiore. Il moto circolare

disegnato dall'asse del pedale ha dunque un diametro maggiore e conseguentemente una maggiore circonferenza.

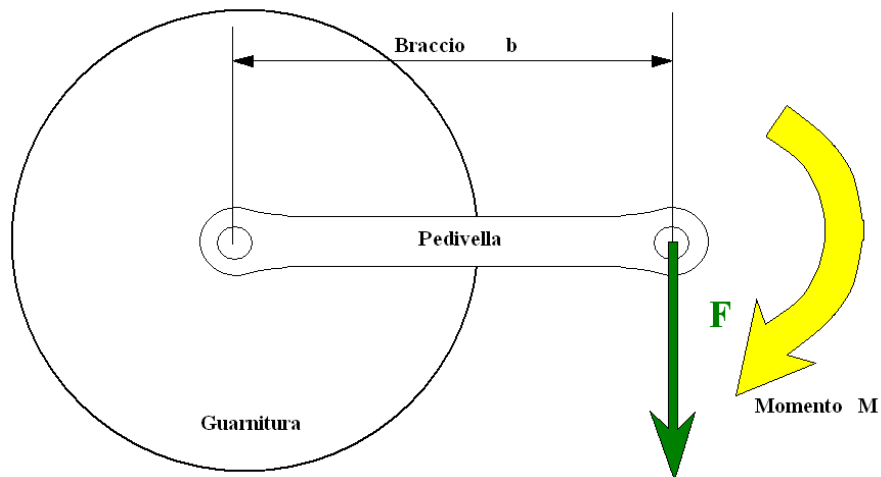


Figura 11.5 Schema forza e momento durante pedalata.

Tabella 11.1 Valori indicativi della lunghezza delle pedivelle rispetto all'altezza del cavallo (tratta da [www.guidorubino.com](http://www.guidorubino.com)).

Cavallo (cm)	Pedivelle (mm)
74-77	170
78-81	172,5
82-85	175
86-89	175
90-92	175,5

Quindi se si affiancano due ciclisti con pedivelle di braccio  $b$  e  $1,5 b$  che pedalano con lo stesso ritmo (cioè velocità angolare uguale), dopo un certo tempo (alcuni cicli completi) il ciclista con braccio maggiore si allontanerà in avanti sempre di più. Il problema della lunghezza delle pedivelle è che essa dipende molto dalle gambe del ciclista e dal suo stile. Infatti le dimensioni del femore e dell'altezza del cavallo possono essere facilmente messe in correlazione con lunghezze di

pedivelle attraverso delle tabelle indicative. Nelle tabelle (tab. 11.1) si trovano misure standard di riferimento che hanno valore di dimensionamento di massima. Ogni ciclista ha proprie caratteristiche biomeccaniche come il tenore muscolare, la lunghezza del femore, e l'altezza del cavallo, quindi per una migliore resa ogni caso va ben studiato. Inoltre si deve notare che l'uso di pedivelle più lunghe può far perdere agilità se nel contempo non si agisce sull'altezza del sellino e non si ripristina il suo arretramento in modo da riportare il ginocchio perpendicolare all'asse del pedale.

Infine l'uso non corretto di misure di pedivelle può portare a lungo andare a seri problemi alle articolazioni del ginocchio e infiammazioni delle caviglie specie se il sellino non è ben regolato in arretramento, o dolori alla schiena se non è ben regolato in altezza.

#### **11.4 Shimano 2004 rivoluziona le pedivelle**

Nel 2004 la Shimano ha rivoluzionato il settore delle pedivelle – guarnitura con l'introduzione del sistema *Hollowtech*. Esso consiste nell'utilizzo di guarniture (comprendenti quindi pedivelle e corone) ma anche movimento centrale in lega di alluminio.



Figura 11.6 Modello *Dura-Ace* della *Shimano Hollowtech II Crankset Triple FC-7803*.

La particolarità sta nella guarnitura forgiata cava, che, essendo di dimensioni maggiorate genera un momento torcente maggiore. Oggi la Shimano ha presentato il sistema *Hollowtech II* e il suo modello di punta è il *Dura-Ace Crankset Triple FC – 7803* (v. Fig 11.4.1).

### 11.5 Ottimizzare la bicicletta

Per ottimizzare al meglio il moto della bicicletta e lo sforzo del ciclista è necessario uno studio attento a vari aspetti: si devono curare molto l'aerodinamica, la biomeccanica, il confort e soprattutto la pedalata; diventa quindi necessaria un'analisi cinematica reale. Essa si suddivide in tre parti:

- *Analisi laterale*
- *Analisi frontale*
- *Analisi sagittale*



Figura 11.7 La foto di sinistra mostra i test di telemetria svolti in pista; quella di destra l'analisi biomeccanica con telecamere. E' possibile notare i marker rifrangenti applicati sul ciclista. (tratta da <http://scienzadello sport.coni.it>).

Le analisi si svolgono utilizzando un sistema di telecamere (da un minimo di due ad un massimo di cinque) poste attorno alla bicicletta.

Le registrazioni sono di tipo digitale e vengono memorizzate in attesa di essere elaborate dal software.

Oggi il sistema più famoso e utilizzato è quello adoperato dalla *BTS s.r.l* di Milano ed è chiamato il "*Sistema Elite*". Attorno alla bicicletta, con il ciclista sopra, sono disposte quattro telecamere: due frontali (avanti e dietro) e due laterali (destra e sinistra). Dando delle coordinate precise l'elaboratore fornisce in risposta un'elaborazione tridimensionale del movimento attraverso la congiunzione dei segmenti trasmessi dai marker.

#### *11.5.1 Analisi laterale*

Pone attenzione a due precise zone: sella-pedale e sella-manubrio. Grazie a questa analisi è possibile determinare l'altezza ottimale del sellino, cioè quella per la quale l'angolo al ginocchio è tra  $130^\circ$  e  $140^\circ$  nel caso di pedivelle in posizione verticale (pedale al punto morto inferiore) e tra i  $105^\circ$  e  $115^\circ$  nel caso di pedivelle orizzontali (pedale in posizione più avanzata).



Figura 11.8 Studio isocinetico (ERGOMETRO "DALMEX - Dal Monte") (tratta da <http://scienzadellosport.coni.it>).

### 11.5.2 Analisi frontale

Le due telecamere, rispettivamente anteriore e posteriore, hanno il compito di osservare ed eventualmente mostrare il posizionamento ed il moto asimmetrico o sbilanciato del ciclista sulla bicicletta. E' importante che non vi siano anomalie durante il movimento ne posture non corrette poiché a lungo andare porterebbero al logoramento delle articolazioni del ginocchio e della caviglia.

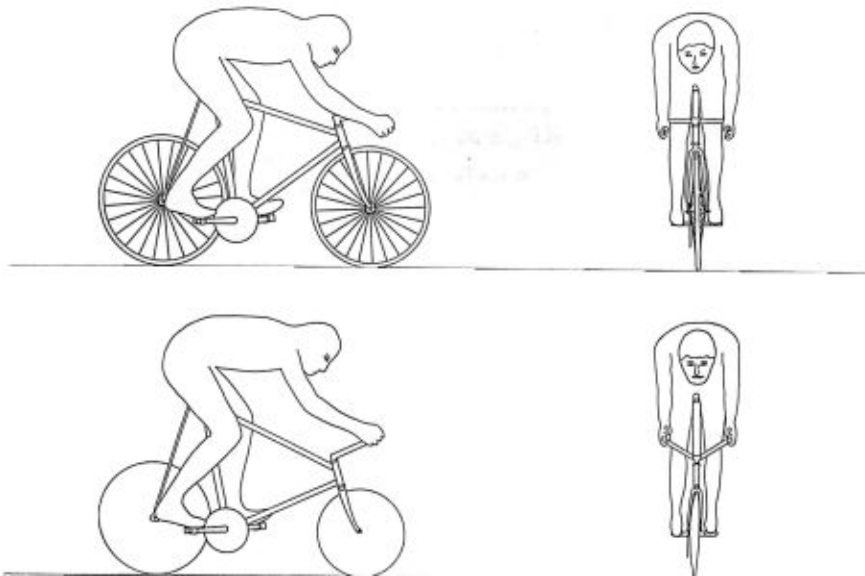


Figura 11.9 Studio per analisi della posizione ottimale (tratta da <http://scienzadello sport.coni.it>).

### 11.5.3 Analisi sagittale (orizzontale)

E' di difficile osservazione e lettura, tuttavia ha il compito di confermare i risultati delle analisi della frontale.

## Capitolo 12



### La trasmissione



## 12.1 I concetti generali

Il sistema di trasmissione è l'insieme degli organi meccanici che trasmettono lo sforzo del ciclista dai pedali alla ruota posteriore attraverso gli opportuni rapporti di trasmissione. Si elencano di seguito i componenti partecipanti alla trasmissione del moto:

- *Pedali* (visti nel capitolo “Pedali e Pedivelle”);
- *Guarnitura* (vista nel capitolo “Cambio”);
- *Pedivelle* (viste nel capitolo “Pedali e Pedivelle”);
- *Corone o Moltipliche* (viste nel capitolo “Cambio”);
- *Pacco pignoni* (visto nel capitolo “Cambio”);
- *Movimento centrale*;
- *Catena*;



Figura 12.1 Movimento centrale prodotto dalla *Xenon* con cuscinetti sigillati per massima durata.

## 12.2 Il movimento centrale

E' essenzialmente un perno in acciaio temperato o in titanio che ruota attraverso due cuscinetti a sfere sigillati per garantirne la massima durata. Viene inserito nella scatola del movimento centrale e ivi fissato attraverso due calotte avvitata alle estremità con passo italiano o inglese (bisogna fare attenzione al modello). Sulle estremità dell'asse vanno calettate le pedivelle.

## 12.3 La catena

E' l'elemento che permette la trasmissione del moto dalle corone ai pignoni della ruota posteriore, ed è senza ombra di dubbio l'elemento più importante.

Nel tempo ha avuto una grande evoluzione che continua ancora oggi. I primi modelli erano molto pesanti, rigidi, soggetti a frequenti rotture, a forte surriscaldamento, ad ossidazione ed ogni genere di inconveniente. Per ovviare a tutti questi problemi si sono studiate molte soluzioni, che oggi interessano anche i procedimenti lavorativi per la loro produzione e fin anche i lubrificanti specifici per essi.

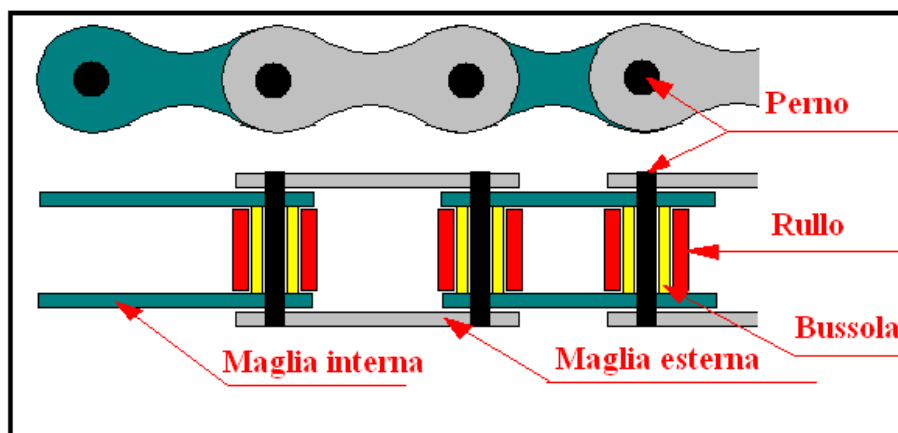


Figura 12.2 Schema della struttura della catena.

La catena è composta da placchette ottenute per stampaggio da lastre di metallo, forate e imbutite attorno al foro per rafforzarne la

parte; tali placchette sono unite tra loro tramite dei perni passanti per i fori. Per essere più precisi i perni uniscono due file doppie di placchette e le distanziano mediante l'uso di bussole, che sono cilindretti coassiali con i perni e a loro volta sono racchiuse in ulteriori cilindretti coassiali detti rulli.

La catena durante il moto di pedalata rotola sulle corone e sui pignoni, in modo che le punte delle stellette si inseriscano nello spazio tra un rullo e il successivo; tale inserimento permette il trasferimento dello sforzo di trazione dalle punte delle stellette ai perni e quindi alle placchette.



Figura 12.3 Un esempio di catena della *Campagnolo*.

L'imbutitura vicino al foro delle placchette si realizza perché il materiale attorno al foro è sollecitato per il trasferimento dello sforzo sul perno e da questo alle placchette. Si deve notare inoltre che i rulli servono a proteggere le bussole distanziatrici ed i perni dall'usura dovuta alle punte delle stellette durante il moto. Tale usura è molto

limitata per il fatto che la catena rotola sulle corone senza strisciare. Infine un'ultima nota va fatta riguardo alle bussole distanziatrici che oltre a mantenere le placchette a distanza fissa, proteggono il perno da impurità e dall'azione di taglio offerta dalle corone durante il moto.

### *12.3.1 Caratteristiche meccaniche della catena*

Le caratteristiche che devono avere le catene sono dunque due essenzialmente: rigidità ed elasticità. Sembra una contraddizione ma non è così poiché devono aversi su piani diversi: le catene devono essere rigide longitudinalmente per resistere agli sforzi e agli urti. L'elasticità longitudinale deve anzi essere per quanto possibile limitata, poiché rischierebbe di disperdere una certa aliquota dello sforzo del ciclista. I materiali da usare devono quindi essere molto rigidi ed al tempo stesso non teneri come l'alluminio, che si deteriora in fretta a causa dell'azione usurante delle corone. L'elasticità è invece ricercata sui fianchi laterali della catena; essa infatti a causa dei pacchi pignoni muniti di stellette da 7 a 9 e delle guarniture composte da 2 a 3 corone sollecita notevolmente, nei cambi di rapporto, la catena in senso trasversale. Tale movimento è la causa della maggiore usura sulla catena e causa di rottura in taluni casi; infatti è buona norma nei cambi di marcia fermare per un istante la pedalata, per non sollecitare troppo la catena in direzione trasversale. Con il tempo e l'usura i fori delle catene tendono ad ovalizzarsi, il che comporta un allungamento longitudinale della catena. Il limite massimo di allungamento è universalmente riconosciuto in 6-7 mm, oltre il quale si avrebbe la sicura rottura della catena.

Oggi le catene sono realizzate in acciaio con vari trattamenti per scongiurarne rotture per cricche interne, o per usura. Si applicano dei trattamenti, come *nichelatura o nichel-teflon*, per rendere resistente lo strato superficiale all'azione di scalfittura dovuta ai frequenti passaggio tra le coroncine. Si è già detto dell'imbutitura dei fori, ma si deve anche considerare di rendere più rigidi i perni. Oggi la ricerca continua dell'ottimizzazione del moto spinge ad aumentare ancora il numero di pignoni e corone a discapito della resistenza trasversale della catena e non solo. Infatti un maggior numero comporta che per

mantenere una certa compattezza della bicicletta, è necessario ridurre le dimensioni trasversali della catena stessa!

### *12.3.2 Manutenzione della catena*

L'usura del tempo e dell'utilizzo può certamente essere rallentata attraverso una manutenzione periodica e qualche accortezza. La catena, appena prodotta dalle case costruttrici, viene confezionata dopo avere ricevuto un trattamento finalizzato a proteggerla dagli agenti atmosferici. Viene distribuita con del lubrificante specifico, appiccicoso al tatto e che si colloca tra i lubrificanti liquidi e quelli grassi. Un lubrificante liquido come un olio ha certamente una buona resa, ma con l'acqua e il tempo sparisce o si asciuga, per cui è necessario un frequente ricambio. I grassi invece resistono di più, tuttavia raccolgono in sé la sporcizia e quindi rischiano di essere pericolosi per certe parti. Oggi si riesce ad ottenere lubrificanti che stanno in mezzo tra oli e grassi, prendendone i vantaggi di entrambi i tipi. Ovviamente la manutenzione viene fatta con catena montata, poiché è più semplice e veloce; la situazione ideale sarebbe l'immersione della catena in un bagno di lubrificante, ciò non è però consigliabile perché il montaggio e smontaggio della catena ne porta velocemente la vita a termine. Le case costruttrici consigliano di smontare e rimontare la catena al massimo quattro volte. Un'accortezza per la lubrificazione è l'uso di lubrificanti spray che possano impedire all'acqua e umidità di raccogliersi tra perni e piastrine ossidandoli e portandoli a rapida rottura.

### **12.4 Il dente di cane**

Si tratta di un componente che non partecipa alla trasmissione del moto ma la sua presenza vicino alla moltiplica più piccola e sotto il deragliatore è fondamentale. Il nome fa riferimento alla sua forma particolare: si tratta infatti di una fascetta di plastica con una sporgenza a "forma di dente", calettato sul tubo piantone, che ostacola una possibile caduta della catena sul movimento centrale, durante il passaggio alla moltiplica più piccola della corona. Prima dell'introduzione di questo elemento capitava spesso che cambiando

rapporto la catena, invece di andare sulla moltiplica piccola, cadesse fuori. In tali casi ci si doveva fermare e rimettere la catena manualmente a posto perdendo del tempo.



Figura 12.4 Esempio di dente di cane.

## Capitolo 13



Le ruote

### 13.1 I concetti generali

Le ruote sono l'ultimo elemento della trasmissione del moto. Esse convertono il moto rotatorio dato dalla catena sul pacco pignoni, in moto traslatorio dell'intera bicicletta. In realtà è un complesso insieme del quale le parti principali sono:

- *Pneumatici*
- *Cerchi*
- *Mozzi*
- *Ruote*

### 13.2 Gli pneumatici

Sono gli elementi più esterni della bicicletta, a contatto con il suolo. Ad essi competono il rispetto delle condizioni di aderenza per il corretto moto sul piano e sono anche il primo elemento di smorzamento delle vibrazioni trasmesse dalle asperità del manto stradale. A seconda dell'utilizzo ne esistono di vari tipi:

- *Pneumatici stradali*
- *Pneumatici da fuoristrada*
- *Pneumatici da pista*

Gli *pneumatici stradali* hanno sezione stretta per ridurre attriti con l'asfalto e il battistrada presenta una scolpitura finissima, poiché su strada le asperità non sono causa di eccessive vibrazioni. Presentano fianchi bassi e la camera d'aria all'intero.

Gli *pneumatici da fuoristrada* sono quelli che montano le mountain bike. Sono caratterizzati da una sezione più larga e con molti tasselli per aderire anche su fondi particolarmente ostili. I fianchi sono robusti e alti per evitare danneggiamento; si tratta di gomme *tubeless*.

Gli *pneumatici da pista*, infine, presentano sezione davvero sottile, battistrada liscio e fianchi bassi. La loro sezione non è piatta come nelle mountain bike ma a "V" per garantire tenuta di strada anche in



curva, nel qual caso è inoltre necessario che i fianchi siano robusti e limitino la deformazione trasversale garantendo stabilità durante la percorrenza della stessa. Gli pneumatici da pista per la loro sezione stretta hanno un'aria di impronta piccola; le conseguenti pressioni elevate ne usurano velocemente la superficie.



Figura 13.1 Pneumatico da fuoristrada *Michelin XCR dry2 UST*.

### *13.2.1 Il coefficiente di attrito*

L'aderenza dello pneumatico al suolo avviene attraverso due tipi di interazioni. La prima prevede che la gomma deformandosi sul battistrada possa creare un penetrare negli spazi tra le asperità del suolo. L'altra è dovuta invece ad una tensione di contatto tra mescola del battistrada e fondo stradale che genera adesione locale.

Il coefficiente di attrito è definito come:

$$f = \frac{F_{attr}}{F_v} \quad (13.1)$$

ove  $F_v$  indica il carico verticale agente sulla ruota e  $F_{attr}$  la forza di attrito.

Il valore di  $f$  varia a seconda che le condizioni della strada siano di asciutto, umido e sporco, bagnato, neve, ghiaccio ecc. (fig. 13.2)

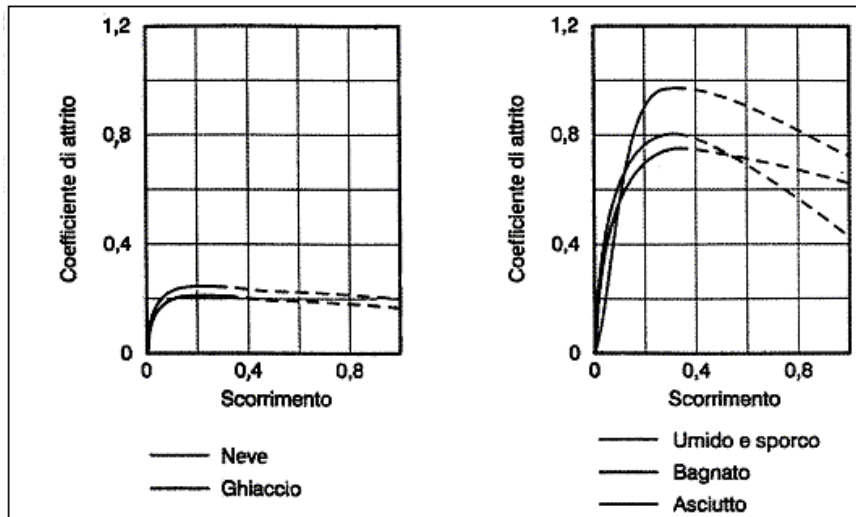


Figura 13.2 Esempi di come varia il coefficiente di attrito in funzione delle condizioni del suolo.

Un altro modo per studiare l'aderenza è attraverso il cerchio di attrito. Per uno studio più approfondito si rimanda allo specifico capitolo sull'aderenza.

### 13.2.2 La resistenza al rotolamento

Quando la ruota inizia a muoversi partendo da ferma è soggetta alla resistenza al rotolamento dovuta alle proprietà di isteresi della gomma

nel suo contatto con il suolo e alla deformazione del diagramma delle pressioni. La resistenza specifica si esprime nel seguente modo:

$$f_h = \frac{R_{rot}}{F_V} \quad (13.2)$$

Ove con  $R_{rot}$  si è indicata la resistenza al rotolamento. La resistenza specifica  $f_h$  varia significativamente a seconda dei casi poiché dipende da:

- *pressione di gonfiaggio*
- *dimensione della ruota*
- *materiali e tipologia costruttiva dello pneumatico*
- *carico*
- *temperatura*
- *condizioni del manto stradale*
- *velocità*

### 13.2.3 Lo scorrimento dello pneumatico

Esso si osserva in accelerazione e in frenata, ossia nelle fasi non uniformi del moto. Lo si può definire mediante:

$$\sigma = \frac{\omega}{\omega_0} - 1 \quad (13.3)$$

nella quale  $\omega$  è la velocità angolare della ruota, mentre :

$$\omega_0 = \frac{V}{h} \quad (13.4)$$

rappresenta la velocità angolare di puro rotolamento di una ruota indeformabile avente velocità di avanzamento  $V$  e raggio pari ad  $h$ .

Lo scorrimento può essere positivo (accelerazione) o negativo (frenata). Se si definisce il raggio di rotolamento della ruota, come:

$$R_0 = \frac{V}{\omega} \quad (13.5)$$

si può affermare che  $\omega$  diminuisce più bruscamente rispetto a  $V$  e  $\frac{V}{h}$ ,  
ossia che in frenata  $\omega_0 > \omega$  e lo scorrimento risulta negativo.

Durante la fase di accelerazione invece si osserva il contrario; la velocità di rotazione aumenta più rapidamente della velocità di avanzamento. Poiché  $\omega > \omega_0$  lo scorrimento risulta positivo.

Lo scorrimento è un fattore di valutazione delle caratteristiche di uno pneumatico; il suo grip e la sua deformazione sono determinanti per la trasmissione del moto.

#### 13.2.4 La deriva dello pneumatico

È il fenomeno per il quale durante il moto in curva, la gomma sollecitata lateralmente, si deforma e la direzione del piano medio che contiene la ruota non coincide più con la direzione di avanzamento della stessa.

La deriva in curva, con bicicletta perfettamente verticale, si verifica perché non c'è coincidenza tra raggio di curvatura della traiettoria della bicicletta e assi delle ruote. Si parla quindi di due angoli in particolare:

- $\alpha_1$  che è l'angolo di deriva del pneumatico anteriore, compreso tra la direzione della ruota anteriore ed il piano medio che la contiene;
- $\alpha_2$  che è, invece, l'angolo di deriva del pneumatico posteriore.

Il raggio di curvatura  $R$  è il segmento tra il baricentro  $G$  della bicicletta e il punto  $O$  di incontro delle perpendicolari ai vettori velocità (fig. 13.5).

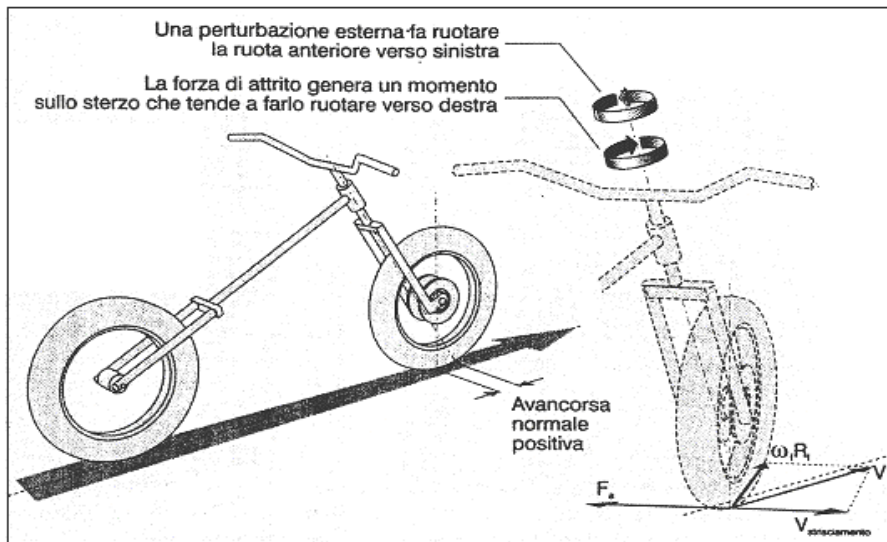


Figura 13.3 Schematizzazione avancorsa e momento raddrizzante.

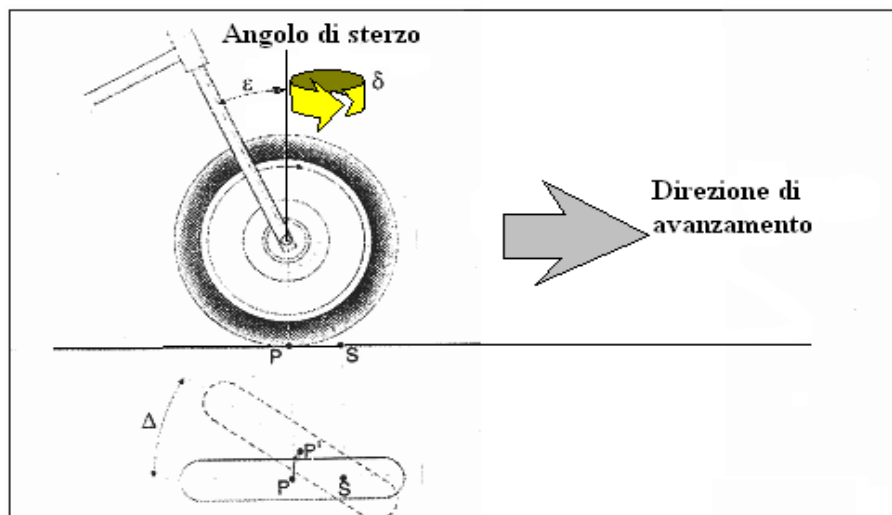


Figura 13.4 Influenza della geometria dell'angolo di sterzo sul momento raddrizzante.

L'angolo di deriva non è fisso, ma varia in dipendenza di molti fattori:

- *Il carico*: al suo aumentare aumenta anche tale angolo.
- *La pressione di gonfiaggio*: aumentandola (aumenta la rigidità) diminuisce l'angolo.
- *La contemporaneità di forze longitudinali*: con accelerazione e frenate durante curve l'angolo aumenta.
- *Il tipo e le caratteristiche costruttive dello pneumatico*.

Nel caso che  $\alpha_1 = \alpha_2$  la bicicletta ha un comportamento neutro e il raggio  $R$  rimane invariato durante il moto.

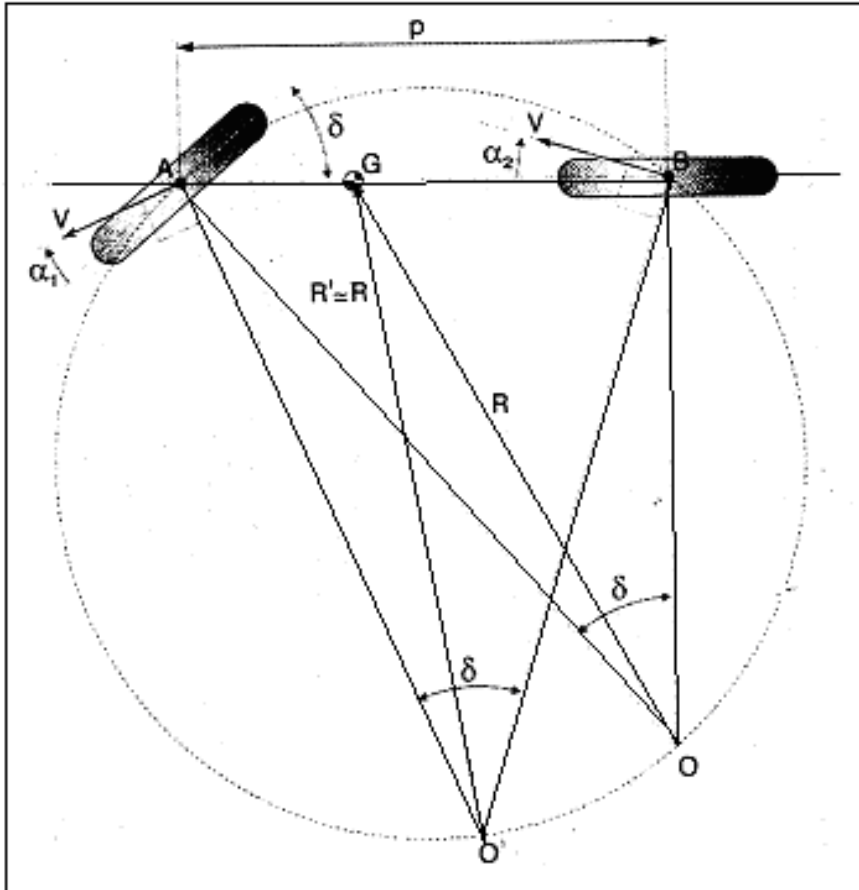


Figura 13.5 Caso con  $\alpha_1 = \alpha_2$ , e quindi la bicicletta è neutra.

Ciò è determinato anche dal fatto che l'angolo  $\delta$  compreso tra le rette perpendicolari alle velocità assume il valore di

$$\delta \approx \tan \delta = \frac{p}{R} \quad (13.6)$$

essendo  $p$  il passo. L'angolo  $\delta$ , determinato dalle perpendicolari alle velocità, assume lo stesso valore assunto per velocità molto basse dove la deriva è nulla, ed essendo un angolo piccolo, può essere approssimato dalla sua tangente. Questa situazione risulta essere la migliore per quanto riguarda il controllo della traiettoria. Se invece  $\alpha_1 > \alpha_2$  allora la bicicletta è sottosterzante cioè tende ad allargare la traiettoria. Se infine  $\alpha_1 < \alpha_2$  si verifica una tendenza al sovrasterzo che fa slittare il posteriore verso l'esterno.

Nelle biciclette il retrotreno è più caricato dell'avantreno ma in frenata il peso si sposta davanti causando un angolo maggiore di deriva dell'avantreno e quindi sottosterzo. In accelerazione o in uscita di curva al contrario aumenta l'angolo di deriva posteriore.

#### *13.2.5 Scegliere la misura*

Le gomme da 19" o da 20" sono molto leggere per la loro struttura semplice che richiede l'impiego di una minore quantità di materiale per la costruzione, ma sono soggette a frequenti forature; per sopperire a ciò si cerca di gonfiarle maggiormente ma ne consegue la necessità di una struttura adatta a resistere all'alta pressione. Sono molto diffuse le gomme da 23" o in talune competizioni anche 25" e 27". Il vantaggio principale è la migliore capacità di ammortizzare le vibrazioni, peraltro non richiedono alte pressioni di gonfiaggio e la loro scorrevolezza al suolo dipende solo dall'area di impronta.

#### *13.2.6 Gomme tubolari*

Sono particolari tipi di gomme per biciclette che racchiudono la camera d'aria all'interno della cavità delimitata dalle tele di cui è composta. La giunzione di queste avviene nella parte bassa tramite

una cucitura; viene quindi ricoperta con una fettuccia in cotone e fissata al cerchio mediante del mastice.



Figura 13.6 Schema struttura gomme tubolari del modello *Fortezza Tri Comp* della *Vredestein*.

Sono preferiti ad altri tipi di gomme per la loro semplicità di montaggio e distribuzione delle sollecitazioni. Oggi poi i tubolari sono gli unici in grado di essere montati sui cerchi in carbonio, infatti tuttora non si è trovata una soluzione che permetta l'utilizzo dei copertoncini.

### *13.2.7 I copertoncini*

La continua ricerca di miglioramento nell'innovazione ha portato all'introduzione dei copertoncini. Essi sono essenzialmente dei tubolari aperti, tuttavia il loro peso è superiore a quello dei tubolari, anche se lievemente. All'inizio erano affetti da un'eccessiva rigidità, ma oggi con nuove tecniche di lavorazione e nuove metodologie costruttive si è arrivati oggi ad avere copertoncini di pochi grammi più pesanti delle gomme tubolari e con prestazioni analoghe. In realtà offrono vantaggi anche superiori alle tubolari, dato che per la loro



forma aperta, racchiudente la camera d'aria, sono di facile smontaggio per la sostituzione della sola camera d'aria in caso di foratura.



Figura 13.7 Schema struttura copertoncini del modello *Spider Max* della *Vredestein*.

Essi quindi hanno una durata maggiore, in quanto legata solo al consumo del battistrada, inoltre restano in posizione anche ad elevate temperature per le quali i tubolari scorrono sul cerchione. Un inconveniente però a cui sono soggette è il possibile taglio della gomma sui fianchi, operato dal cerchio in caso di urto violento.

### *13.2.8 La struttura delle gomme*

La struttura delle gomme è del tutto simile nelle linee generali sia che si tratti di copertoncini che di gomme tubolari. Ovviamente i vari modelli offrono soluzioni particolari, ma si può definirne la struttura interna a grandi linee. Alla base di tutto ci sono le tele, insiemi di filamenti sottilissimi tenuti insieme ed impregnati con particolari resine che ne esaltano l'elasticità; le tele sono sovrapposte tra loro e

incrociate a formare le carcasse. Sui fianchi vengono poi applicati particolari trattamenti “anti pizzicatura”, invece la parte che deve andare a contatto con il terreno viene ricoperta da uno o più strati di gomma, con rinforzi anti foratura in Kevlar, che costituiscono il battistrada. Si realizzano anche gomme con battistrada in mescola più dura al centro per assicurare maggiore durata e più morbida ai lati per migliorare l’aderenza in curva.

#### *13.2.9 La tela giusta*

La tela si è detto essere un insieme di filamenti sottili. Più essi sono e maggiore è l’elasticità della gomma, ma non solo: infatti un numero di Tpi (Thread Per Inch = tele per pollice) maggiore (va da alcune decine a circa trecento) significa minore quantità di gomma e quindi maggiore leggerezza complessiva della struttura. Infine un altro aspetto importante è il maggiore ammortizzamento delle vibrazioni e la diminuzione della dispersione di energia.

#### *13.2.10 Le mescole*

La gomma è ottenuta per vulcanizzazione (processo termico che innesca una reazione chimica in grado di cambiare i legami molecolari rendendo la gomma elastica) del caucciù. Viene aggiunto poi il nerofumo per ottenerne un prodotto uniforme. Le gomme moderne tendono a sostituire quest’ultimo con la silice che diminuisce la resistenza al rotolamento, ma permette anche migliore aderenza (il legame con il suolo non è solo legato alla rugosità ma è ora anche un legame di adesione) ed una minore dispersione dell’energia poiché sono minori gli attriti interni della gomma. Esistono varie mescole: con quelle morbide si ottiene una migliore aderenza, con quelle dure una maggiore durata, con quelle miste (dure al centro morbide ai lati) un comportamento intermedio.

#### *13.2.11 Il battistrada migliore*

Il battistrada della ruota non è molto importante per le biciclette da strada o da corsa quanto invece la mescola. Si possono montare ruote

slick, cioè perfettamente lisce per avere la massima superficie di contatto e aderenza. Sul bagnato si perde un po' di aderenza a causa del minore coefficiente di attrito, comunque in lieve misura, e non si risente neanche del fenomeno di aquaplaning per la stretta sezione di impronta e per velocità non troppo elevate. Le biciclette da trekkin e le mountain bike necessitano invece di battistrada intagliati, dato che esse non percorrono superfici lisce come il manto stradale o le piste, ma sono destinate a marciare su terriccio e fanghiglia. Tuttavia non bisogna eccedere perché il consumo del battistrada aumenta su terreni inadatti.

### 13.2.12 I numeri sulle gomme

Le ruote sono dotate sui fianchi di scritte e numeri che ne rappresentano le dimensioni caratteristiche quali il diametro del cerchio e la larghezza della ruota.

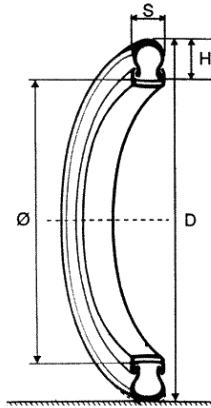


Figura 13.8 Misure caratteristiche e relativi simboli: S: Sezione del pneumatico (max) H: Altezza della sezione Ø: Diametro di calettamento D: Diametro esterno.

Esistono vari sistemi per riportare le misure, che devono essere conosciuti per non commettere errori al momento dell'acquisto di una gomma.

- *Sistema E.R.T.O. (European Tyre and Rim Technical Organization)* Ad esempio: 32x590. Il primo numero indica la

sezione dello pneumatico in millimetri, mentre il secondo è il diametro del cerchio (diametro di calettamento).

- *Sistema in Pollici* Ad esempio:  $26 \times 1^{3/8} \times 1^{1/4}$  Il primo numero indica il diametro esterno della gomma in pollici mentre il secondo numero ( $1^{3/8}$ ) indica in pollici e frazione di pollice l'altezza dello pneumatico, ed infine il terzo numero si riferisce alla sezione dello pneumatico in pollici e frazione di pollice.
- *Sistema in millimetri* Ad esempio:  $650 \times 32A$  Il primo indica il diametro esterno della gomma mentre il secondo dà la sezione dello pneumatico.

### 13.2.13 La corretta pressione di gonfiaggio

Il massimo valore della pressione di gonfiaggio è in genere riportato sulla gomma stessa, superare il quale potrebbe portare alla esplosione della camera d'aria. Comunque aumentando la pressione aumenta in generale la rigidità della ruota e diminuisce l'area di impronta, quindi si perde in tenuta di strada ma diminuisce lo slittamento; d'altra parte gomme troppo sgonfie tendono a sbandare. In genere i valori di gonfiaggio vanno da sette a otto atmosfere, ma i ciclisti a seconda del peso e dell'utilizzo, dello stile e delle condizioni stradali possono scegliere valori differenti. In caso di pioggia si può ridurre di 0.5 atmosfere la pressione per aumentare l'ampiezza del battistrada a contatto con il suolo.

## 13.3 Il cerchio

Il cerchio è il componente che più degli altri dà l'idea della ruota; esso è oggi realizzato in alluminio. Si è provato ad adoperare il titanio ma ne vengono fuori strutture pesanti; per le biciclette da gara invece si utilizzano molto i cerchi in carbonio. I cerchi sono di vari tipi, a seconda dell'altezza dei fianchi: *basso, alto e medio profilo*.

*Il basso profilo* ammortizza meglio degli altri le vibrazioni ma è meno resistente a buche del manto stradale ed urti. Il cerchio con gli urti si deforma per cui poi è necessario agire sui raggi per regolarne la

tensione di tiraggio che determina a sua volta la rigidità del cerchio. Richiede un vasto numero di raggi.



Figura 13.9 Particolare del cerchio del modello *Zonda* della *Campagnolo*.



Figura 13.10 Esempi di cerchi nei vari profili esistenti. Rispettivamente i profili: basso (modello *Proton* della *Campagnolo*), medio (modello *Zonda* della *Campagnolo*) e alto (modello *Bora* della *Campagnolo*).

*L'alto profilo* con i suoi cinque o sei centimetri, dovrebbe essere la soluzione ai problemi di rigidità nonostante un numero di raggi molto minore. Tuttavia proprio tale rigidità eccessiva comporta qualche problema di impostazione delle curve ed eccessive vibrazioni, inoltre si tratta di cerchi pesanti. C'è allora la necessità di una via di mezzo con i cerchi a *medio profilo* che con i loro tre o quattro centimetri, permettono resistenza alle buche e al tempo stesso non hanno un eccessivo peso e ammortizzano meglio le vibrazioni.

Le dimensioni più diffuse sono rispettivamente 28, 26 e 24 pollici. Le ultime sono per biciclette da bambino. Mentre quelle da 26" e 28" vengono utilizzate a seconda del ciclista o del suo stile. I cerchi da 28" sono più pesanti di quelli da 26" ma hanno uno sviluppo metrico maggiore. In genere quelle da 26" vengono usate dai ciclisti che vogliono una bicicletta più pronta e leggera. Misure inferiori sarebbero pericolose perché in curva la punta del piede può toccare la ruota. Per le biciclette da donne si usano i cerchi da 26" che conferiscono anche un design più accattivante.

Il regolamento dell'Uci vieta invece per le competizioni l'uso di ruote diverse tra anteriore e posteriore. In passato infatti alcune squadre mettevano ruote da 28" al posteriore (ruota motrice) e da 26" all'anteriore per potere essere più vicini al corridore che precedeva e sfruttarne meglio la scia.

Infine non si deve dimenticare di parlare delle *piste frenanti* poste sui fianchi del cerchione e destinate al contatto con i pattini. Tali piste devono avere una superficie uniforme per non causare eccessivo consumo dei pattini, quindi devono essere rettificate per evitare saltellamenti dei pattini e subiscono micro-sabbie per aumentarne il coefficiente di attrito e diminuire i tempi di asciugatura in casi di pioggia; infine vengono rifinite con lavorazioni di diamantatura.

#### **13.4 Il mozzo**

E' il fulcro della ruota. Su di esso vengono fissati i raggi e attraverso questo la ruota è calettata sulla bicicletta. La sua struttura è costituita da varie parti:

- Le flangie

- Il corpo centrale
- L'asse
- Il meccanismo di rotazione
- I bloccaggi

#### *13.4.1 Le flangie*

Sono i punti di aggancio dei raggi. In genere il loro diametro è intorno ai 50 mm, ma oggi si tende a flangie più larghe che permettono di aumentare rigidità della ruota senza dovere ricorrere ai cerchi ad alto profilo.

#### *13.4.2 Il corpo centrale*

È il distanziale tra le due flange ed è anche sede di sollecitazioni torsionali intense che il ciclista trasmette durante la pedalata. È un unico blocco con le flange nei modelli economici, mentre viene realizzato in carbonio e successivamente incollato e incastrato per le biciclette di alta gamma. A volte presenta un piccolo foro per l'inserimento del lubrificante.

#### *13.4.3 L'asse*

Si trova dentro il mozzo, esattamente al centro. È in acciaio o in titanio a seconda della gamma ed è un cilindro cavo all'interno con le estremità filettate.

#### *13.4.4 Il meccanismo di rotazione*

Viene regolato da un sistema di cuscinetti a sfere o coni e controconi:

- Il sistema a coni e controconi è il più antico sistema di rotazione. Prevedeva due piste di scorrimento al cui interno venivano collocate le sfere libere. Le piste venivano regolate e distanziate con un complesso sistema di dado e controdado.

Oggi è completamente abbandonato, sostituito dal sistema a cuscinetti a sfere.

- I cuscinetti sono invece posti al suo interno già sigillati e pronti all'uso. Non necessitano di manutenzione. Vengono collocati dentro il mozzo a pressione, assicurandone assoluta rigidità.

#### 13.4.5 I bloccaggi

Mediante essi il mozzo viene fissato alla bicicletta all'altezza dei forcellini. Nelle biciclette economiche i bloccaggi sono realizzati in acciaio tramite due dadi avvitati sull'asse; il sistema è poco pratico e di certo non veloce da smontare.

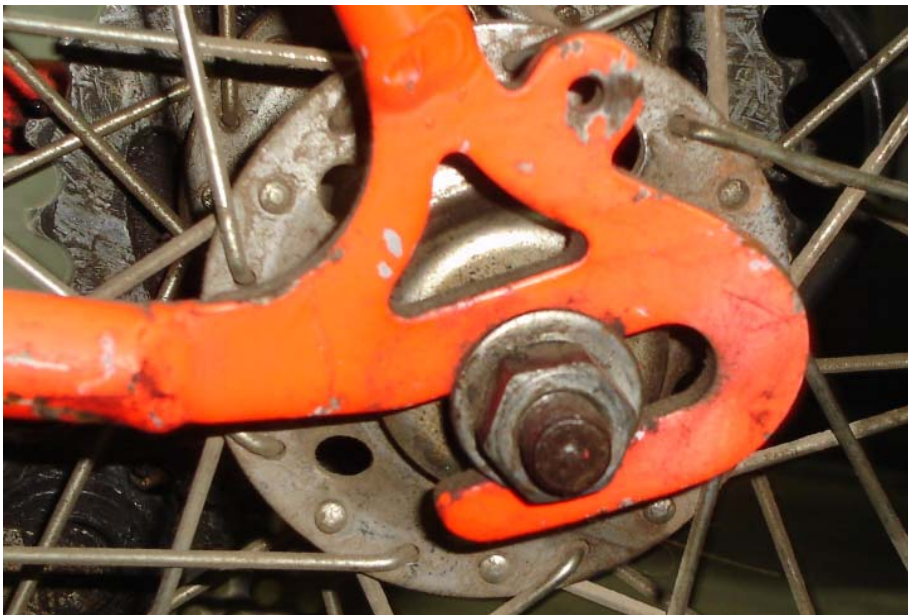


Figura 13.11 Sistema di fissaggio di tipo economico mediante avvitarmento dei dadi sull'asse del mozzo contro i forcellini posteriori di una mountain bike.

Per le biciclette di alta gamma o da competizione invece si usano bloccaggi in titanio che prevedono un cappellotto di chiusura da un



lato, mentre dall'altro una leva fissata ad un eccentrico che spinge sul cappellotto opposto realizza il bloccaggio della ruota sui forcellini. E' chiaramente un sistema molto pratico e veloce, adatto alle biciclette da competizione.

#### *13.4.6 Montaggio radiale*

Per montaggio radiale si intende un tipo di costruzione della ruota che prevede raggi che non incrociano tra loro fornendo maggiore rigidità. Si tratta di una soluzione di difficile utilizzo poiché, almeno sul lato destro della ruota, lo sforzo di trazione applicato ad una struttura rigida, potrebbe portare alla rottura della flangia. Questa soluzione richiede particolari tipologie di mozzi in grado di resistere alle forti sollecitazioni.

### **13.5 I Raggi**

Sono costituiti da 3 parti:

- *Testa*
- *Corpo*
- *Filettatura*

*La testa* in genere ricurva, è la parte che viene inserita sul mozzo. Oggi si tende a eliminare la lieve curvatura, alla luce di vari studi secondo i quali la rottura più frequente avviene sulla testa in corrispondenza di tale zona. In realtà la realizzazione di teste dritte sposta la zona critica sul ringrosso di aggancio al mozzo.

*Il corpo* del raggio è di varie forme a seconda della aerodinamica. In generale è cilindrico di 2 mm di diametro per biciclette economiche e 1,2 millimetri per quelle da competizione. Oggi la parte centrale viene molto assottigliata per alleggerire le ruote, senza comunque rischiare di comprometterne la resistenza, dato che il corpo non è soggetto a rottura. Tra le sue particolari forme ricordiamo quella sfilata (a sezione variabile) e quella aero (a sezione fortemente ellittica).

*La filettatura* invece è la parte terminale che si inserisce nel cerchio e si fissa ad esso attraverso l'avvitamento nel nipple (un dado dalla

forma allungata che si inserisce nell'asola del cerchio); è un'altra parte fortemente soggetta a rotture.

I raggi quindi hanno il compito di regolare la posizione del mozzo dentro il cerchio e di dare rigidità mediante la tensione di tiraggio. Trasmettono il peso del ciclista al suolo e in verso opposto le vibrazioni delle asperità del piano stradale al telaio. Essi vengono realizzati in acciaio per biciclette economiche, in titanio e carbonio per le biciclette di alta gamma. Nell'impiego dell'alluminio vi sono difficoltà per la realizzazione di particolari di dimensioni esigue a causa dell'eccessiva malleabilità.



Figura 13.12 Particolare dei raggi fissati sul mozzo del modello *Racing* della *Fulcrum*.

### **13.6 Le ruote complete**

Le ruote e le componenti di cui abbiamo parlato sino ad ora sono del tipo artigianale, cioè realizzate assemblando le varie parti di varie marche e materiali, comprate a parte ed unite insieme a formare una ruota. Oggi invece si tende al concetto di ruota completa: le case costruttrici, sempre volte alla ricerca della leggerezza, ora

costruiscono ruote utilizzando soluzioni, materiali e dimensioni in funzione delle quali ognuno dei componenti deve essere riprogettato. Quindi i raggi, i mozzi i cerchi, ecc. sono adatti solo a quel componente cui sono fissati, inoltre i serraggi sono effettuati con tensioni e soluzioni riproducibili solo in fabbrica e solo con particolari materiali e valori precisi.

Il concetto di ruota completa è certamente indirizzato a biciclette da competizione o di alta gamma per gli alti costi dei prodotti.

### *13.6.1 Le ruote speciali*

La ricerca di una linea aerodinamica filante, di una buona rigidità ha portato alla realizzazione di soluzioni particolari e innovative.



Figura 13.13 Il ciclista Moser durante il Record dell’Ora (tratto da <http://scienzadello sport.coni.it> ).

Il primo ad utilizzarle in gara fu Francesco Moser nel lontano 1984, quando stabilì per ben due volte il Record dell’Ora. Sempre in quell’anno grazie a quelle soluzioni aerodinamiche, di avanguardia per quei tempi, e della ruota anteriore da 26”, riuscì a vincere il giro d’Italia. Oggi su questo concetto si basano due tipi di ruote speciali:

- *Le ruote lenticolari e a disco*

- *Le ruote a razze*

#### 13.6.1.1 Ruote lenticolari e a disco

Sono chiamate lenticolari per la particolare forma bombata a lente, anche se oggi sono dei veri e propri dischi. Si tratta di una struttura unica composta da due dischi, in resina o in carbonio, posti parallelamente tra loro e che fanno le veci dei raggi.



Figura 13.14 Esempio di ruota a disco della *Fulcrum*.

Il loro fine è prettamente aerodinamico anche perché una struttura siffatta porta ad un peso superiore alle strutture tradizionali a raggi ed ad una rigidità maggiore. In taluni casi per ovviare a ciò si preferiva montare una ruota anteriore più piccola ma le norme dell'Uci, a partire dal 2000, hanno disposto che le ruote devono essere uguali. *Per potere leggere per intero il regolamento Uci si rimanda al sito del Coni ([www.coni.it](http://www.coni.it))*. Oggi si montano ruote a disco solo al posteriore e a razze all'anteriore, per guadagnarne anche in maneggevolezza, infatti

le ruote a disco sull'anteriore portano ad una struttura più rigida in entrata di curva e molto soggetta al vento laterale. Anche la ruota posteriore è soggetta al vento, ma i vantaggi in termini aerodinamici e la mancanza di vortici, che invece generano le ruote con i raggi, ne giustificano l'uso in gare a cronometro e di triathlon.

### *13.6.1.2 Ruote a razze*

Sono l'evoluzione delle ruote a disco. Sono nate per ovviare ai problemi di vento laterale e quindi per migliorarne la maneggevolezza. Presentano tre o cinque razze e sono quindi più leggere di quelle a disco, tuttavia hanno minori prestazioni dal punto di vista aerodinamico e soggette comunque ad eccessiva rigidità rispetto alle ruote a raggi classiche.



Figura 13.15 Biciclette da pista con ruote a razze sull'anteriore e a disco sul posteriore.

## Capitolo 14



Le curve

## 14.1 Concetti generali

Nell'andare in bicicletta le fasi più delicate sia per una guida turistica che per le competizioni, sono le curve più o meno strette. Affrontare bene le curve nelle competizioni può dare un vantaggio di alcuni secondi sugli avversari. Vanno analizzati due aspetti importanti:

- *Geometria della curva*
- *Impostazione del ciclista sulla bicicletta*

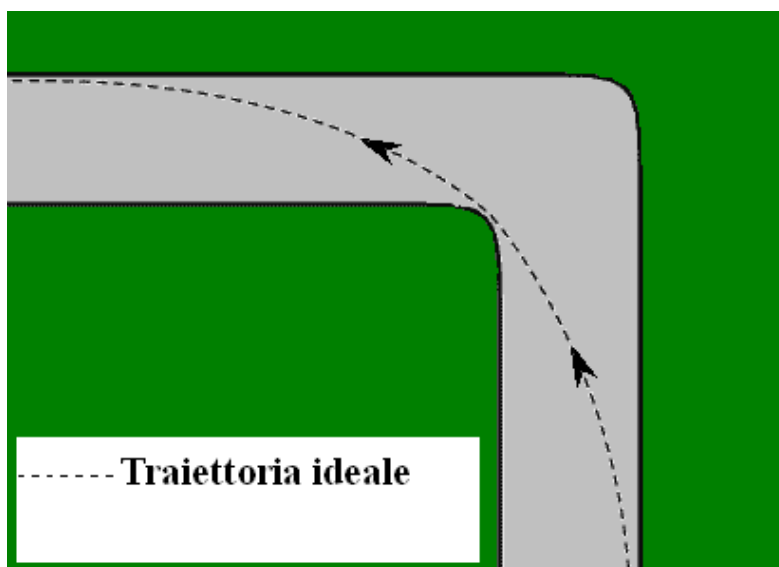


Figura 14.1 La traiettoria disegnata dalla linea tratteggiata permette di percorrere un arco di circonferenza molto ampio con una curva più larga rispetto alla linea di mezzera della strada.

### 14.1.1 Geometria della curva

Interpretare le curve non è una dote solo di poche persone, ma può essere appresa anche dai dilettanti dopo molto esercizio.

In generale per una guida turistica della bicicletta in strade non chiuse al traffico, non si disegnano curve con raggi abbordanti e da

percorrere quindi molto velocemente, dato che, se non si imposta una traiettoria sicura che permette una buona visibilità della curva prima dell'inserimento in essa, si rischia di trovare un ostacolo sulla carreggiata.

Tale problema invece non si presenta nell'impostazione della traiettoria in curva nelle competizioni; semmai si deve stare attenti agli altri corridori e alle loro traiettorie. Per affrontare una curva è buona norma portarsi sul bordo esterno della carreggiata rallentando lievemente e cercando di disegnare una traiettoria con raggio di curvatura abbondante che finisca lungo il bordo esterno oltre la curva. In sostanza l'importante è passare tangenti al vertice del cordolo interno (v. Fig. 14.1). Questa traiettoria permette di percorrere la curva piuttosto velocemente senza rischiare di perdere il controllo del mezzo.

#### *14.1.2 Impostazione sulla bici*

Il ciclista quindi ha il compito di mantenere gli pneumatici in aderenza al manto stradale, soprattutto la ruota anteriore. Il ciclista inizia l'inserimento in curva inclinando la bicicletta e spostando il peso verso il carro posteriore attraverso un lieve movimento del bacino (cercando di non inclinare troppo il mezzo) verso l'interno della curva, proprio come fanno i motociclisti. La velocità e tal movimento spingono la bicicletta verso l'interno della curva e servono a bilanciare l'azione della forza centrifuga che tira invece il mezzo verso l'esterno; è un delicato equilibrio di forze. È importante precisare che caricando l'anteriore si evita un suo sbandamento a causa di perdita di aderenza. Lo sbandamento dell'anteriore è in genere causa di molti incidenti in quando difficile da arrestare; lo sbandamento posteriore esiste sempre, anche se in misura molto piccola, ma non è difficile da controllare. L'esperienza pratica comunque è superiore qualunque teoria.

#### **14.2 L'utilizzo dei freni**

È importante dosare con buon senso i freni e i pedali per ottenerne un moto uniforme; naturalmente si deve rallentare in avvicinamento



alla curva, ma né troppo repentinamente né eccessivamente. Conviene affidarsi ad un rallentamento efficace utilizzando il freno anteriore, quindi inserirsi in curva con un moto uniforme e velocità pressoché costante, correggendo stavolta con piccoli colpetti di freno posteriore se si presenta la necessità. La frenata dentro la curva è da evitare, soprattutto quella con il freno anteriore che aumenta il rischio di sbandata della ruota anteriore per eccessivo caricamento o eventuale bloccaggio.

Le biciclette da competizione permettono comunque a livello di telaio e di forcella, il recupero in caso di piccoli errori.

## Capitolo 15



Aerodinamica

## 15.1 I concetti generali

Gli studi per aumentare la velocità di moto non si limitano ad alleggerire la bicicletta, ma alla ricerca continua di soluzioni e forme per “bucare” l’aria e ridurre al minimo la resistenza e gli attriti. Oggi più che mai lo studio si basa sull’aerodinamica, la galleria del vento e gli attriti.

### 15.1.2 Aerodinamica

Essa dipende dalla posizione del ciclista sulla bicicletta durante il moto. L’inclinazione della schiena, la posizione delle braccia, quella delle gambe sui pedali durante la pedalata ecc.

Le biciclette da pista hanno telai con tubi schiacciati, ruote lenticolari, e i caschi hanno forme aerodinamiche, proprio per ridurre gli attriti durante il moto.



Figura 15.1 Posizione aerodinamica usata in gara (tratta da <http://scienzadello sport.coni.it>).

### 15.1.3 La galleria del vento

Il principio fisico su cui si basa è il tubo di Venturi. Viene realizzata come un percorso forzato ove l'aria sviluppa un flusso costante che investe la bicicletta con il ciclista sopra. La bicicletta viene fissata su una superficie mobile collegata ad un sistema di bilance dinamometriche, attraverso le quali si misurano gli effetti aerodinamici del flusso d'aria sul mezzo. Inoltre è possibile, attraverso l'impiego di fluidi colorati opportunamente, visualizzare le traiettorie del flusso d'aria nel suo moto attraverso la bicicletta.



Figura 15.2 studio in galleria del vento (tratta da <http://scienzadellosport.coni.it>).

### 15.1.4 Attriti meccanici

Sono tre i tipi di attrito che vengono studiati e che si cerca continuamente di ridurre al minimo. Primo fra tutti *l'attrito tra le varie componenti meccaniche* della bicicletta. L'utilizzo di grassi e lubrificanti serve a ridurre questo tipo di attrito, perché agire sulle tolleranze potrebbe essere più dannoso. Infatti aumentare le tolleranze

potrebbe causare l'insorgere di pericolose vibrazioni e urti interni che oltre a deteriorare le parti, disperderebbero molta energia. Altro tipo di *attrito* è quello *volvente* che si ha tra il battistrada e il manto stradale. Qualunque sia il caso esaminato vi è pur sempre una dispersione dovuta ad attrito radente, anche se minima. Essendo l'attrito volvente, ma anche quello radente, dovuto al contatto tra manto stradale e battistrada, potrebbe essere buona soluzione ridurlo, riducendo per esempio l'area di impronta. In realtà così facendo si riduce anche lo smorzamento delle vibrazioni. Infine bisogna considerare la *resistenza a rotolamento* dovuta alla gomma stessa, alla sua mescola ed ai suoi componenti interni.

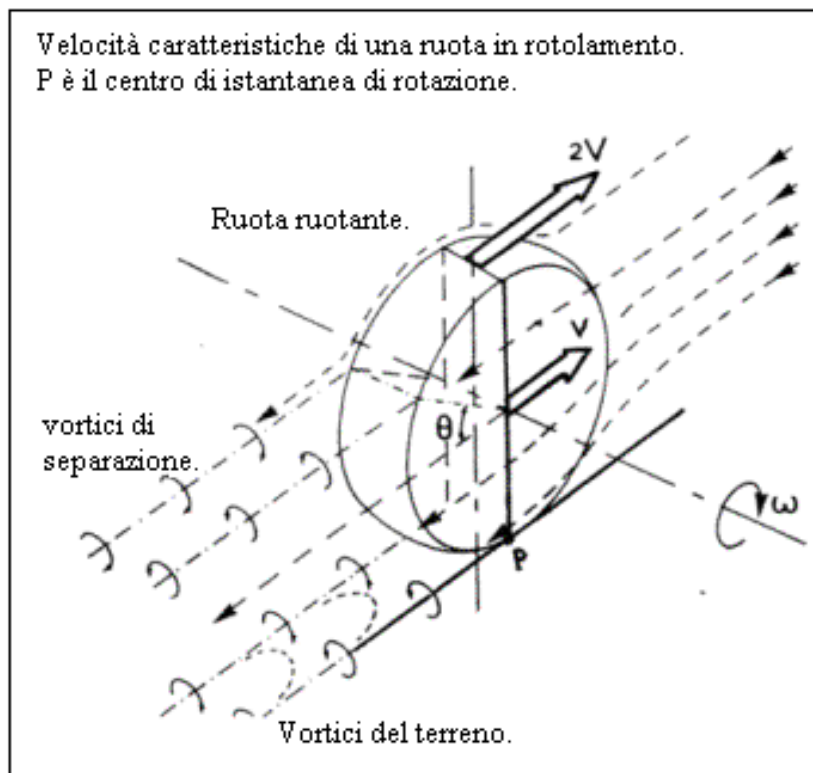


Figura 15.3 Velocità caratteristiche di una ruota in rotazione.

## 15.2 Effetti del moto delle ruote sull'aerodinamica

Il flusso d'aria che normalmente investe la bicicletta nel suo moto viene turbato dal verso di rotolamento delle ruote verso avanti. Inoltre esso viene deviato all'altezza del contatto ruota terreno. Se si analizza dal punto di vista dinamico ci si rende subito conto anche di una differenza di velocità di avanzamento tra il punto di contatto con il suolo (velocità nulla) ed il punto diametralmente opposto alla sommità della ruota (di velocità  $2V$ ). Lo studio può essere affrontato in galleria del vento ma ci sono dei problemi di realizzazione. Il corretto modo di studio sarebbe composto di una prima analisi sulla sola ruota, e successivamente sull'intera bicicletta. Tuttavia lo studio deve essere fatto non con modello fisso ma mobile; non è accettabile fissare il modello ad una superficie traslante poiché non si terrebbe conto delle due velocità differenti date dal moto di rotolamento nei due punti diametralmente opposti; né è possibile usare un qualsiasi meccanismo in grado di fare girare le ruote senza avere attrito di contatto con il suolo. La soluzione di tenere la bicicletta lievemente sollevata dal suolo, creerebbe un flusso tra ruota e suolo che in realtà non sussiste. Infine la soluzione che prevede l'uso di tapis roulant su cui fare muovere la bicicletta, si presenta macchinosa e complessa.

## 15.3 Analisi del modello aerodinamico

Si consideri un cilindro posto staticamente in un punto del piano e fatto investire da un flusso di velocità  $V_0$  in direzione perpendicolare al suo asse. Si suppone per semplicità un flusso idraulico subsonico in modo da poter considerare costante la densità  $\rho$ .

Il flusso genera traiettorie simmetriche rispetto al cilindro (fig. 15.4). Non essendovi alcuna forza normale in un punto P generico della superficie laterale del cilindro si ha:

$$V_t = 2V_0 \sin \theta \quad (15.1)$$

ove:  $V_t$  = velocità tangenziale;  $V_0$  = velocità del flusso incidente;

$\theta$  = angolo che il raggio  $r$ , passante per un generico punto  $P$ , forma con l'asse parallelo alla direzione della corrente.

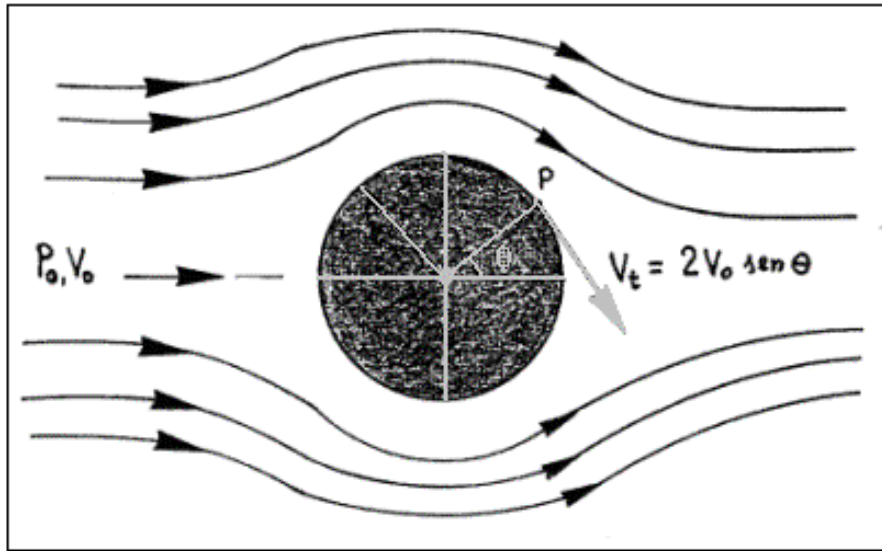


Figura 15.4 Campo aerodinamico intorno ad un cilindro statico investito da una corrente con velocità  $V_0$  perpendicolare al suo asse.

Si supponga adesso che il cilindro non sia più statico, ma bensì che possa ruotare attorno al suo asse e si rimuova anche il flusso incidente ( $V_0 = 0$ ). Il moto rotazionale del cilindro trascinerà con sé le particelle di aria prossime alla sua superficie laterale, a causa della viscosità, che descriveranno delle traiettorie circolari concentriche al cilindro, generando un vortice (fig. 15.5). Si nota dalla figura che le traiettorie circolari hanno velocità differenti tra loro e decrescenti all'aumentare del diametro di esse. Neanche in questo caso si hanno forze normali. La velocità tangenziale è dunque data da:

$$V_t = \frac{\Gamma}{2\pi \cdot r} \quad (15.2)$$

ove:  $V_t$  = velocità tangenziale;  $\Gamma$  = circolazione;  $r$  = raggio.

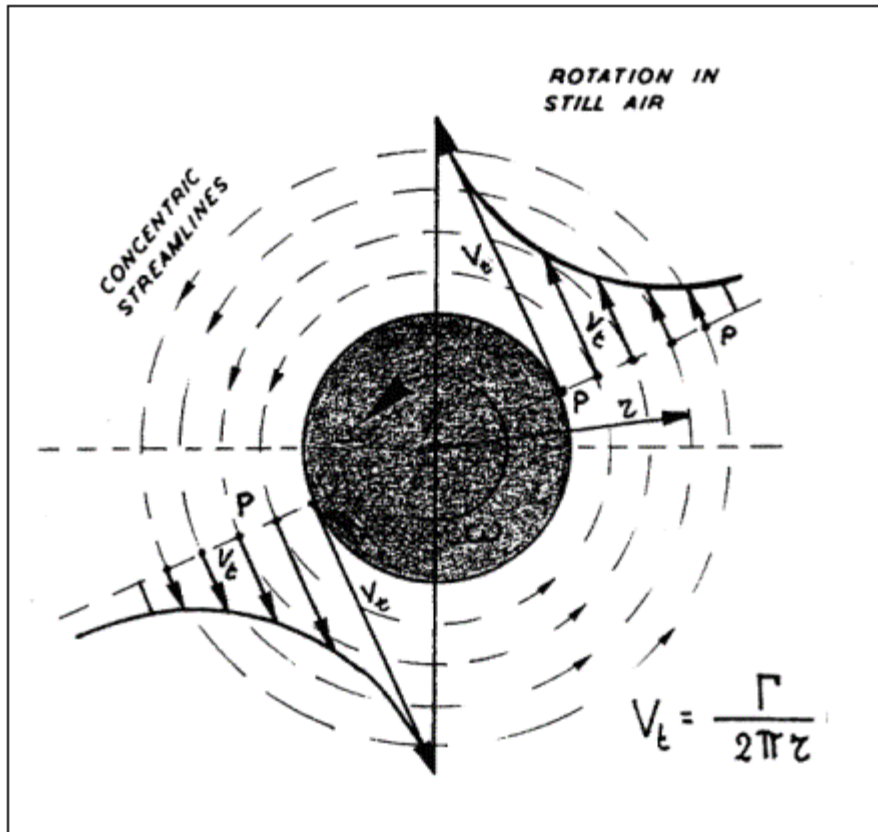


Figura 15.5 Vortice attorno al cilindro.

Sovrapponendo i due casi, ossia ponendo il cilindro rotante nel flusso di velocità  $V_0$  è possibile ottenere sia il comportamento del cilindro fermo, che quello di un cilindro rotolante su un piano assimilabile a quello delle ruote della bicicletta (fig. 15.6).

Il flusso incidente è ostacolato dal punto di contatto con il suolo ma dietro esso si creano delle turbolenze e quindi delle pressioni localizzate che tendono ad alzare la ruota.



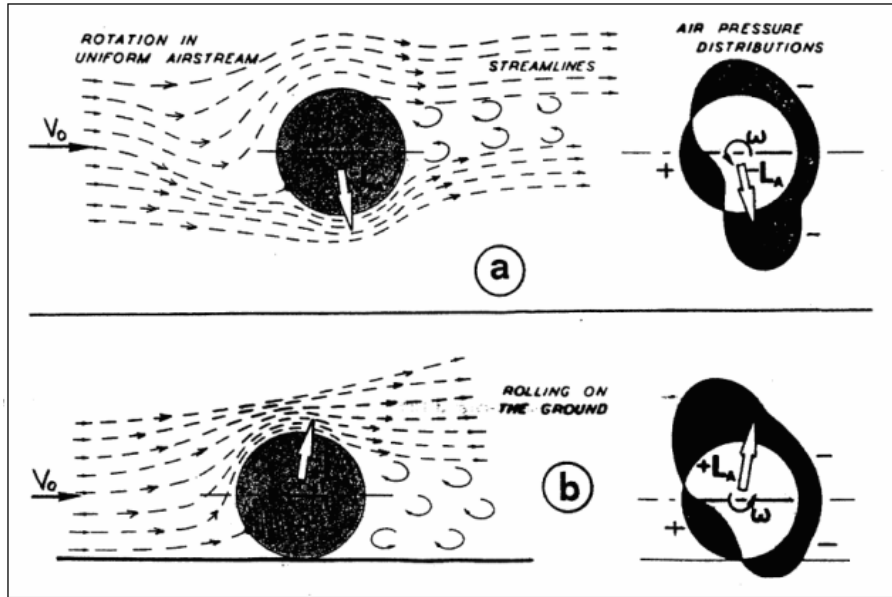


Figura 15.6 Primo caso (a): cilindro in rotazione immerso in flusso di velocità  $V_0$ . Secondo caso (b): Cilindro rotolante su un piano ed immerso in flusso di velocità  $V_0$ .

La velocità tangenziale data dalla sovrapposizione dei due casi, è pari alla somma delle due componenti:

$$V_t = 2V_0 \sin\theta + \frac{\Gamma}{2\pi \cdot r} \quad (15.3)$$

Applicando l'equazione di Bernoulli è possibile ottenere la pressione in un generico punto sulla superficie laterale del cilindro:

$$P = P_0 + \frac{1}{2}\rho V_0^2 - \frac{1}{2}\rho V^2 \quad (15.4)$$

Se poi si moltiplica per la superficie di dimensione infinitesima  $ds = r \cdot d\theta$  si trova la forza di pressione locale data da:

$$dP^l = P \cdot dS = \left[ P_0 + \frac{1}{2} \rho V_0^2 - \frac{1}{2} \rho V^2 \right] \cdot r \cdot d\theta \quad (15.5)$$

E dopo alcuni passaggi:

$$F_y = \rho V_0 \Gamma = L_A \quad (15.6)$$

Questa è l'espressione del teorema di Kutta - Joukowsky che afferma che, in tali condizioni, compare una forza normale a  $V_0$  generata dal prodotto della velocità  $V_0$  del flusso per la densità  $\rho$  e per la circolazione  $\Gamma$ .

Se la circolazione  $\Gamma$  ha verso positivo la  $L_A$  risulta "portante", se invece avrà verso opposto la forza  $F_y = -L_A$  sarà rivolta verso il basso risultando "deportante".

L'effetto portante – deportante agente sul cilindro rotante immerso è chiamato "effetto Magnus" in onore dello studioso che lo osservò per primo.

#### 15.4 Effetti della larghezza della ruota

Le caratteristiche aerodinamiche della ruota dipendono dalla sua sporgenza e dalla sua larghezza; aumentandole varia l'andamento del coefficiente di resistenza aerodinamica  $C_{DW}$ .

Si può rappresentare in un grafico l'andamento di tale fattore e del fattore di portanza aerodinamica  $C_{LW}$  al variare della sporgenza data dal rapporto  $\frac{h}{D}$ . (fig. 15.7).

Ora invece, si consideri uno pneumatico di diametro  $D$  e larghezza  $b$  e si consideri un sistema di assi cartesiani con in ordinata il fattore

$$C_{DW}, \text{ mentre in ascissa si riporta la variazione di larghezza } \frac{b + \Delta b}{b}.$$

Si incrementi progressivamente la sua larghezza di una quantità  $\Delta b$  e si analizzi il comportamento di  $C_{DW}$  (v. Fig. 15.8). Si può notare una

diminuzione di tale fattore fino ad un minimo corrispondente al valore di larghezza in ascissa pari a:

$$\frac{b + \Delta b}{b} = 1,6 \text{ circa.} \quad (15.6)$$

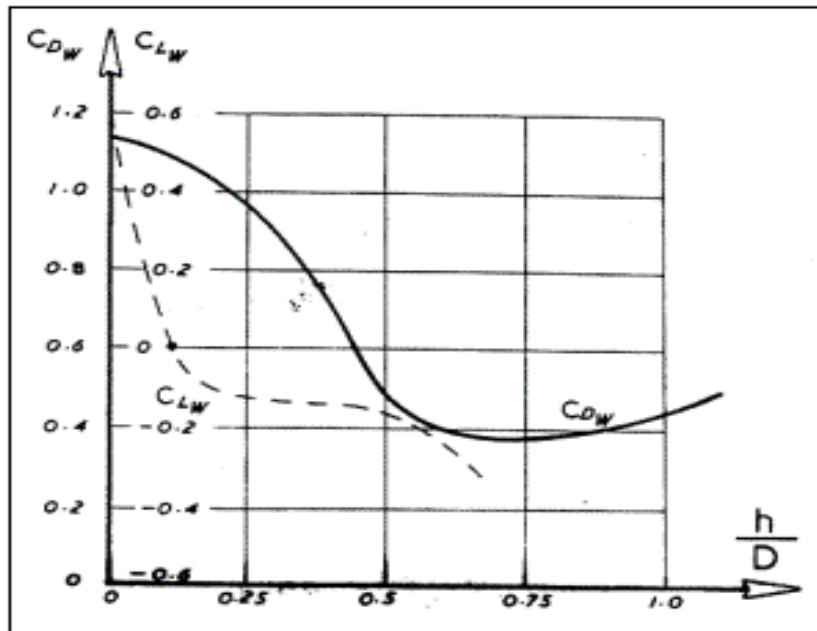


Figura 15.7 Influenza della sporgenza della ruota sui fattori  $C_{DW}$  e  $C_{LW}$ .

Tale variazione corrisponde ad un aumento di larghezza di circa sessanta per cento del valore iniziale  $b$ . Continuando ad aumentare il valore della larghezza si assiste ad una risalita della curva, cioè ad un aumento del valore di  $C_{DW}$ . Si ammette inoltre che ogni 10 mm di aumento di larghezza dello pneumatico porta anche ad un aumento medio di circa 0,002 della resistenza aerodinamica della bicicletta  $C_{DW}$ , nel suo complesso e che il coefficiente di portanza  $C_{LW}$ , a seguito di un analogo incremento, aumenta mediamente di circa + 0,006.

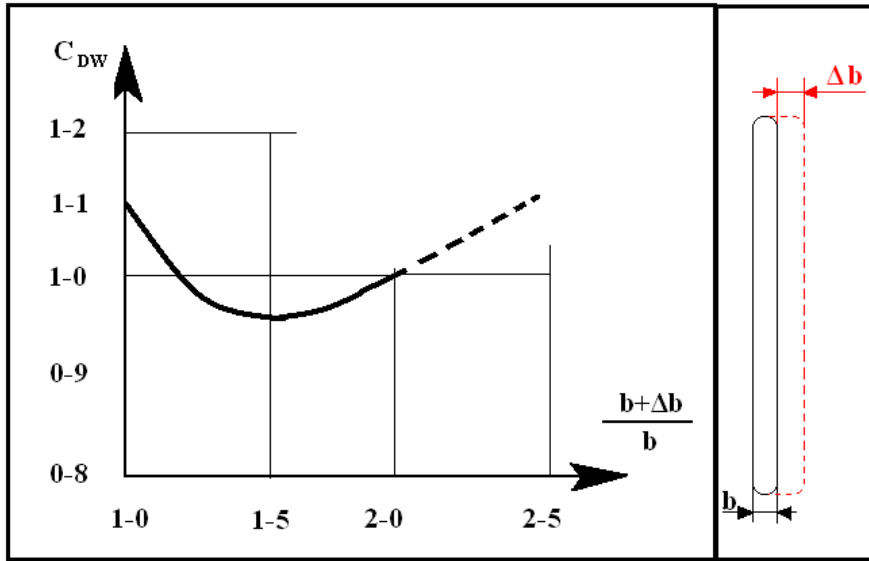


Figura 15.8 Influenza della larghezza della ruota sul coefficiente  $C_{DW}$  della stessa.

## Capitolo 16



L'aderenza

## 16.1 Il fenomeno dell'aderenza

Il fenomeno per il quale ruota e terreno si trasmettono la forza attiva tangenziale  $F$  ed il carico  $G$  attraverso l'area di impronta  $A$  è detto *aderenza*.

La forza  $G$  si distribuisce in  $A$  attraverso la pressione  $p$  secondo la relazione:

$$G = \int_A p \cdot dA \quad (16.1)$$

Alla stessa maniera anche la forza  $F$  sarà distribuita in  $A$  attraverso la pressione tangenziale  $t$  secondo la relazione:

$$F = \int_A t \cdot dA \quad (16.2)$$

Le condizioni di aderenza sussistono finché la ruota è soggetta al peso  $G$  e alla forza tangenziale  $F$  in regime di moto di rotolamento puro.

Tuttavia se la forza  $F$  viene incrementata sempre di più, arriva alla fine ad un limite detto *limite di aderenza* oltre il quale la ruota inizia a slittare. Si può definire il *coefficiente d'aderenza* come:

$$f = \frac{F_{ad}}{G} \quad (16.3)$$

Quindi la condizione di aderenza può essere scritta, come:

$$F \leq F_{ad} \quad \text{cioè} \quad F \leq f \cdot G \quad (16.4)$$

Se la forza tangenziale supera tale limite, la ruota passa in regime di slittamento e il valore della forza tangenziale allora passa dal valore  $F$  al valore  $F'$ , poiché in tale regime il coefficiente di attrito è quello cinetico  $f'$  che è minore di  $f$ :

$$F' = f' \cdot G < F_{ad} \quad (16.5)$$

Le condizioni di aderenza devono essere rispettate anche nel caso di frenatura. La forza frenante  $F_f$  viene trasmessa attraverso l'area di impronta, ma se il suo valore supera il limite di aderenza  $F_{ad}$ , allora la ruota tende a bloccarsi.

## 16.2 Aderenza naturale

Si prenda la ruota motrice della bicicletta di diametro effettivo di rotolamento  $D$ , e si analizzi l'area di impronta. Si nota che essa consta di due parti:  $A_1$  e  $A_2$ . L'area di combaciamento anteriore  $A_1$  è caratterizzata dall'aver velocità relativa nulla e  $t < f_1 \cdot p$  ( $f_1$  coefficiente d'attrito di primo distacco). Invece l'area  $A_2$ , cioè quella posteriore, è sede di microslittamenti irreversibili; questi insieme con le deformazioni elastiche (reversibili) della mescola dello pneumatico causano una velocità periferica della ruota  $v_r$  che, in trazione, risulta essere maggiore della velocità di traslazione  $v$ . A tale fenomeno si dà il nome di scorrimento ed è espresso in valore assoluto da:

$$|v_s| = |v_r - v| \quad (16.6)$$

o, in valore relativo:

$$\sigma = \frac{v_r - v}{v_r} = 1 - \frac{v}{v_r} \quad (16.7)$$

La forza longitudinale  $F$  viene trasmessa nell'area d'impronta e dipende da  $\sigma$ . Infatti per  $\sigma = 0$ , si ha  $F = 0$ .

Se  $F$  aumenta, anche  $\sigma$  cresce anche se inizialmente non molto (fase di microslittamenti); se  $F$  continua ad aumentare, la zona di slittamento  $A_2$  cresce a discapito di  $A_1$ . Il limite massimo di dimensioni di  $A_2$  è proprio  $A$  ( $A_1 = 0$ ) e corrisponde ad un determinato valore di  $F$ . Superato tale limite  $F$  continuerà a crescere ma saremo ormai in fase di macroslittamenti. Il limite ultimo è  $F_{ad}$  oltre il quale si verifica lo slittamento vero e proprio.

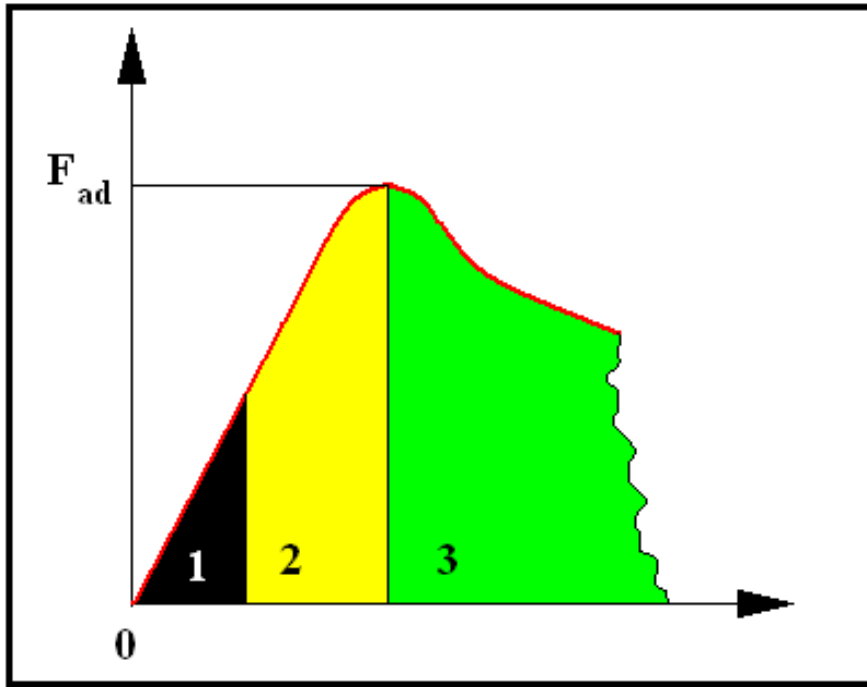


Figura 16.1 Pseudo-slittamenti e slittamenti:1) Microslittamento;2) Macroslittamento;3) Slittamento.

Lo stesso discorso può essere ripetuto per la frenatura con la sola differenza che  $\sigma$  assume valori negativi poiché sussiste la relazione:

$$v_r < v$$

### 16.3 Massa aderente e rapporto d'aderenza

Gli studi effettuati non tengono conto del fatto che la massa gravante sulla ruota non è la massa totale  $m$  della bicicletta ma un'aliquota. La massa che grava sulla ruota motrice prende il nome di *massa aderente*  $m_{ad}$  ed è in relazione con la massa totale della bicicletta attraverso la relazione:



$$m_{ad} = \alpha m \quad \text{con } (0.5 < \alpha < 1) \quad (16.8)$$

Il fattore  $\alpha$  rappresenta il *rapporto d'aderenza*. Esso ha sempre un valore maggiore di 0.5 poiché la maggior parte del peso del ciclista grava sulla ruota posteriore (ruota motrice).

#### 16.4 Il coefficiente d'aderenza

Si è notato sperimentalmente che per una coppia cinematica il valore del coefficiente d'aderenza  $f$  varia in funzione di  $v$ ; in particolare diminuisce all'aumentare di  $v$ . Inoltre il suo valore dipende da molteplici fattori, primo fra tutti le condizioni superficiali del terreno. Esso assume valori alti su superfici asciutte, mentre più bassi sull'umido od il bagnato ed infine bassissimi su superfici oleose o fangose. Un secondo possibile fattore potrebbe essere dato da eventuali variazioni del *carico verticale istantaneo*  $G$  sulle ruote, a causa del moto e dello stile che il ciclista impone alla bicicletta. Infine anche gli strisciamenti in curva possono influire in tal senso.

#### 16.5 Il cerchio di Kamm

Il cerchio di Kamm dà i limiti entro cui ci si può muovere restando in aderenza. Per essere più chiari, tale circonferenza al suo interno delimita lo stato di aderenza, mentre al suo esterno si ha lo slittamento. Il moto è nel complesso fatto di accelerazione, decelerazione, curvature a destra e sinistra. Se si percorre una curva ad esempio a destra si deve fare attenzione a gestire l'accelerazione, la decelerazione eventuale e la curvatura senza eccedere nel loro utilizzo. In questo caso il moto è composto dalla componente di accelerazione e da quella di curvatura a destra. L'attenzione dovrà essere volta a ottenere una risultante delle due componenti percentuali che sia interna al cerchio di Kamm così da restare in condizioni di aderenza. Se si utilizzano al massimo entrambi ossia accelerazione e curvatura a destra si otterrebbe che la risultante esce dal cerchio e quindi il regime risulterebbe di slittamento (fig. 16.3). Comunque il caso è inverosimile poiché a siffatta accelerazione sarebbe impossibile sterzare.

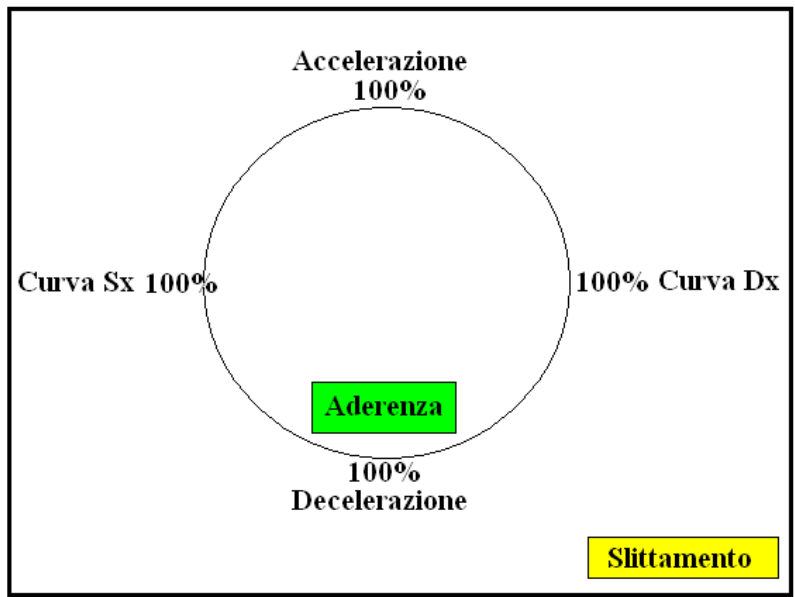


Figura 16.2 cerchio di Kamm.

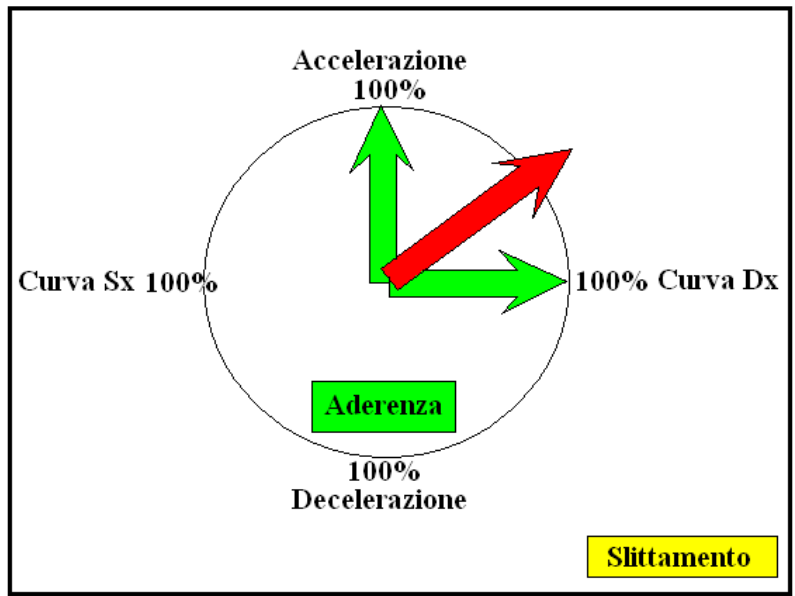
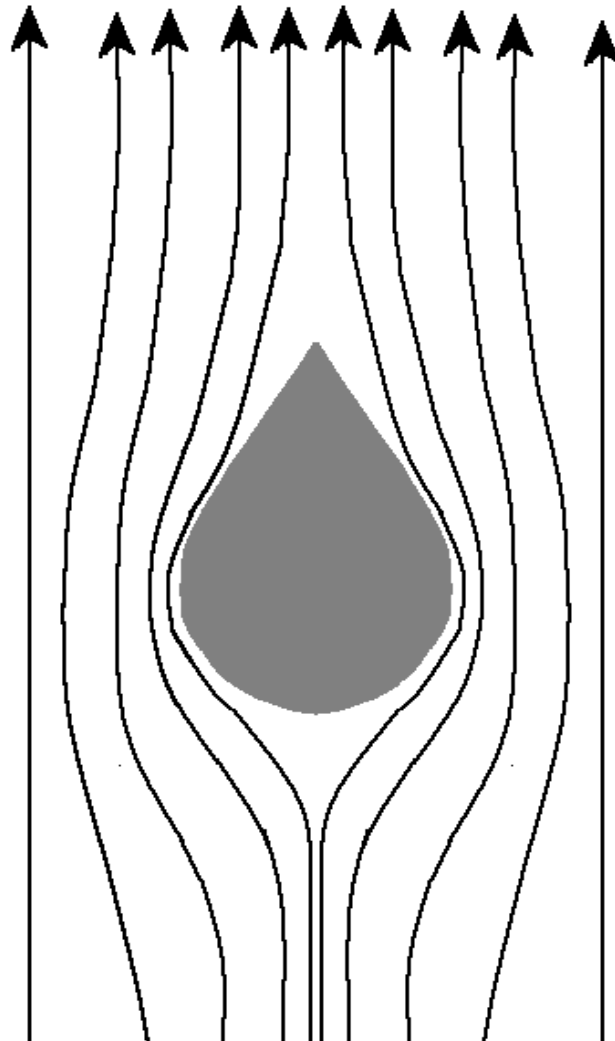


Figura 16.3 Caso inverosimile.

Capitolo 17



Le resistenze

## 17.1 I concetti generali

La resistenza al moto non è altro che la somma di varie componenti resistenti che si sviluppano durante il moto del mezzo. Essa può essere definita come la somma della *resistenza all'avanzamento*  $R_0$  in rettilineo ed orizzontale e la *resistenza dovuta alle accidentalità*  $R_e$  del tracciato:

$$R = R_0 + R_e \quad (17.1)$$

Inoltre la  $R_0$  è a sua volta definita come somma della componente dovuta alla coppia perno-cuscinetto ( $R_1$ ) ed alla coppia ruota-terreno ( $R_1''$ ):

$$R_0 = R_1 + R_2 = R_1' + R_1'' + R_2 \quad (17.2)$$

A volte ci si riferisce alle resistenze unitarie (specifiche) definite come:

$$r = \frac{R}{G} \quad (17.3)$$

## 17.2 Analisi delle resistenze al moto

Le biciclette nel loro complesso sono soggette a molteplici perdite di energia, specie se la manutenzione di esse non è frequente. Alcune cause di possibili dispersioni di energia sono:

- perdite di attrito nella catena e nei cuscinetti a sfera;
- resistenza al rotolamento tra pneumatico e manto stradale;
- resistenza del vento;
- dispersione attraverso le vibrazioni di telaio, sella e pneumatici;

- frenate e cambi di rapporto;
- forza di gravità che ostacola il moto in salita (e non è del tutto restituita in discesa).

Le dispersioni per una bicicletta nuova o comunque soggetta a frequente manutenzione sono dell'ordine di 1-2 % del totale, le altre perdite sono causate dalle condizioni della strada e imperfezioni del manto. La progettazione della bicicletta nel suo complesso deve tenere conto di ciò e realizzare quindi una struttura che ammortizzi vibrazioni e riduca al minimo la dispersione dello sforzo del ciclista. L'aria resistente diventa un importante fattore da considerare oltre i 20 km/h, e anche l'eventuale vento laterale o frontale contrario al moto. Infine anche la pendenza della strada interferisce con il moto. È dunque possibile ricordare l'espressione di Newton riguardo la resistenza al moto,  $F$ :

$$F = 0.0981 \cdot i \cdot m + 0.0721 \cdot m + 0.374 \cdot v_{rel}^2 \quad (17.4)$$

Ove:  $i$  = pendenza della strada [in % ];  $m$  = massa totale di bici e ciclista [kg];  $v_{rel}$  = velocità relativa del ciclista rispetto alla velocità del vento [m/s].

$$v_{rel} = v + v_{vento} \cdot \cos \tau \quad (17.5)$$

$\tau$  = angolo tra la direzione del vento e del ciclista;  $v$  = velocità del ciclista.

I valori numerici della (17.4) sono coefficienti che riguardano la resistenza aerodinamica e al rotolamento della bicicletta e possono essere verificati sperimentalmente. Calcolata  $F$  si può risalire alla potenza necessaria per mantenere il moto a velocità costante.

### 17.2.1 Resistenza dovuta alla coppia perno-cuscinetto ( $R_1'$ )

La forza d'attrito tangenziale si definisce come.

$$T = f' \cdot G' \quad (17.6)$$

Con  $f'$  coefficiente d'attrito e  $G'$  carico verticale agente sul cuscinetto. Il momento dovuto all'attrito perno-cuscinetto è dato da:

$$T \cdot \frac{d}{2} \quad (17.7)$$

essendo  $d$  il diametro del perno. A tale momento corrisponde la resistenza al moto  $R'_1$  prima definita; se si definisce  $D$  come diametro delle ruote, si può scrivere la seguente equivalenza:

$$f' \cdot G' \cdot \frac{d}{2} = R'_1 \cdot \frac{D}{2} \quad (17.8)$$

dalla quale si ricava:

$$R'_1 = \frac{d}{D} \cdot f' \cdot G' \quad (17.9)$$

Inoltre se il carico verticale  $G'$  sul cuscinetto è pari al carico verticale  $G$  sulla ruota, trascurandone per semplicità la differenza, si può scrivere:

$$R'_1 \approx \frac{d}{D} \cdot f' \cdot G \quad (17.10)$$

dalla quale si ottiene la resistenza specifica:

$$r'_1 = \frac{R'_1}{G} = \frac{d}{D} \cdot f' \quad (17.11)$$

### 17.2.2 Resistenza dovuta alla coppia ruota-terreno

E' dovuta all'attrito volvente esistente tra ruota e terreno. Durante il movimento la distribuzione della pressione sull'area di impronta  $A$ , varia. Tale variazione porta ad uno spostamento in avanti della reazione verticale del terreno  $-\vec{G}$  causando la nascita di un momento resistente:

$$G \cdot \delta = R_1'' \cdot D/2 \quad (17.12)$$

Si ricava quindi  $R_1''$  :

$$R_1'' = \frac{2 \cdot \delta}{D} \cdot G$$

e la resistenza unitaria:

$$r_1'' = \frac{R_1''}{G} = \frac{2 \cdot \delta}{D} \quad (17.13)$$

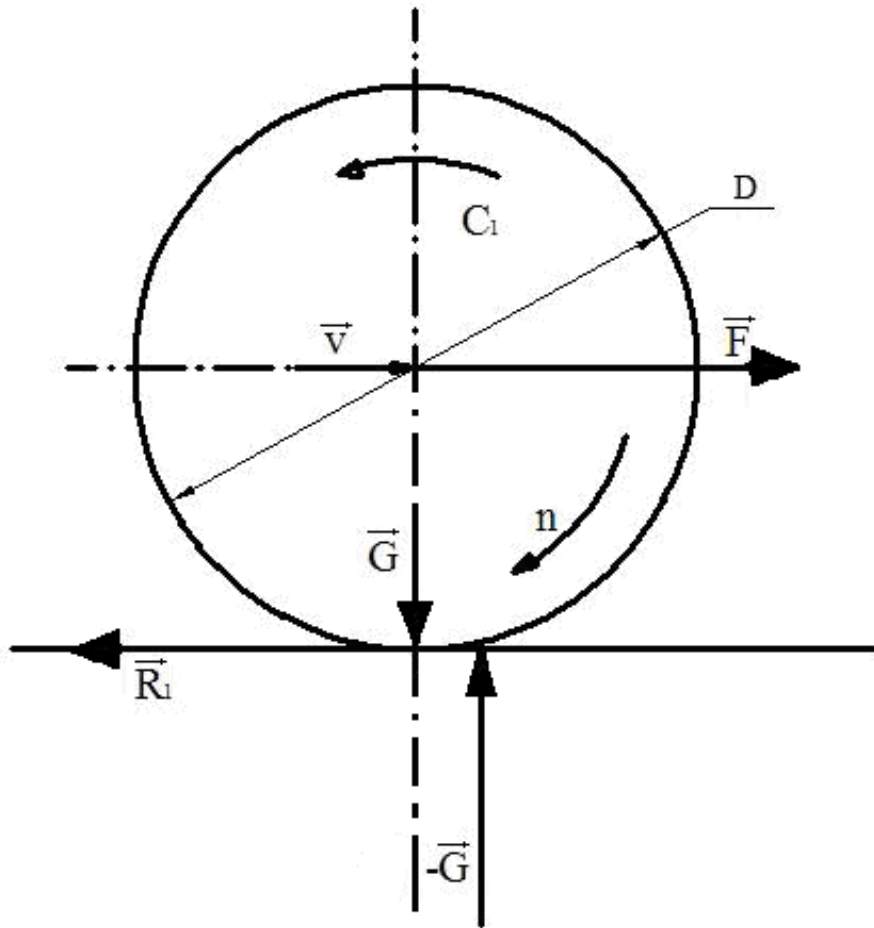


Figura 17.1 Distribuzione forze e momenti sulla ruota (cfr. fig. 3.1).

### 17.2.3 Resistenza al rotolamento

Durante il moto, se alla ruota non sono applicati né momento motore né momento frenante, le forze agenti sono  $\vec{G}$  e  $-\vec{G}$ . In particolare la  $\vec{G}$  è verticale sulla perpendicolare al punto di contatto ruota terreno, mentre la  $-\vec{G}$  (reazione del terreno alla  $\vec{G}$ ) è spostata in avanti nel verso del moto rispetto a  $\vec{G}$  (v. Fig. 17.1).

È presente come reazione anche il momento resistente  $R_1'' \cdot D/2$ . Inoltre alla ruota è applicato il momento resistente dovuto agli attriti della coppia perno-cuscinetto, che corrisponde alla resistenza  $R_1'$  ed è proporzionale al carico  $G'$  gravante sul perno. Se si indica con  $C_1$  la somma delle due coppie resistenti, si può scrivere:

$$R_1 = \frac{C_1}{D} = R_1' + R_1'' \quad (17.14)$$

dalla quale si giunge alla resistenza specifica:

$$r_1 = R_1 / G = r_1' + r_1'' \quad (17.15)$$

### 17.2.4 Resistenza dell'aria

Durante il suo moto la bicicletta incontra la resistenza opposta dall'aria; essa in genere può essere trascurata a velocità inferiori a 20km/h, ma a velocità superiori diventa determinante. Infatti man mano che la velocità aumenta la resistenza dell'aria,  $R_2$ , diventa predominante rispetto alla resistenza totale all'avanzamento  $R_0$ . La resistenza complessiva  $R_2$ , proporzionale a  $v^2$ , dipende non solo dal peso ma anche dalla sezione trasversale. La bicicletta ha una sua sezione trasversale, ma bisogna considerare che anche le asperità laterali e le sporgenze (pedali, gambe del ciclista, manubrio, braccia) contribuiscono ad un incremento di resistenza. Infine si deve considerare anche la turbolenza dovuta ai vortici generati nella zona di contatto ruota-terreno e l'effetto di aspirazione che si verifica nella parte posteriore della bicicletta. Nelle gare all'aperto un ulteriore



fattore è dato dal vento laterale, fastidioso e pericoloso per la stabilità della bicicletta. La progettazione deve tenere conto anche di questi fattori per lo studio del comportamento aerodinamico della bicicletta e la riduzione delle turbolenze durante il moto.

### 17.2.5 Resistenza all'avanzamento

Nello studio della resistenza all'avanzamento  $R_0$ , si possono considerare separatamente i contributi dati dalla bicicletta  $R_{0B}$  e dal ciclista  $R_{0C}$ . Da notare che sulla  $R_{0B}$ , la resistenza aerodinamica  $R_2$  ha una grande incidenza. Si può anche parlare di resistenza specifica all'avanzamento:

$$r_0 = \frac{R_0}{G} = r_1 + \frac{R_2}{G} \quad (17.16)$$

che è indipendente dal peso. In tale espressione compare il termine  $R_2$  che non è proporzionale a  $G$ , quindi un confronto fra le resistenze specifiche può essere fatto solo per composizioni omogenee.

### 17.2.6 Resistenza dovuta alla pendenza (di rampa)

Durante un moto in salita, la componente del peso  $\vec{G}$  parallela alla strada si oppone al moto, facendo dunque resistenza.

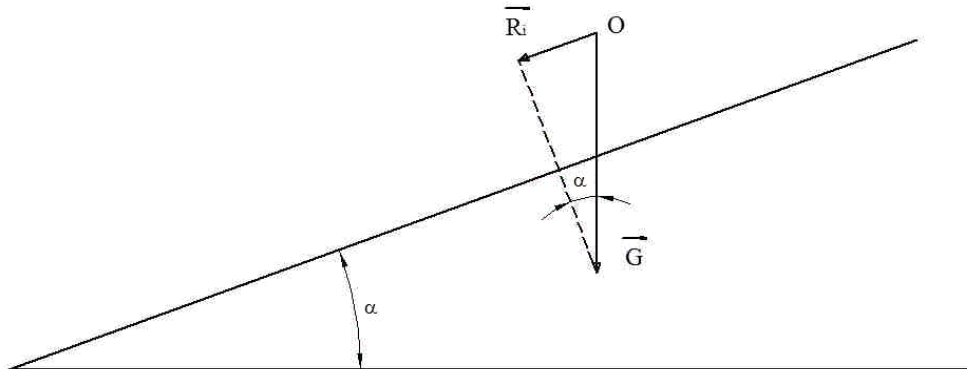


Figura 17.2 La componente  $R_i$  di  $\vec{G}$  durante la salita.

Il suo valore è dato dalla relazione:

$$R_i = G \sin \alpha = G \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} \quad (17.17)$$

Posto poi per comodità:

$$i = \operatorname{tg} \alpha \quad (17.18)$$

con la posizione appena fatta la (17.17) diviene:

$$R_i = \frac{i \cdot G}{\sqrt{1 + i^2}} \quad (17.19)$$

E infine si determina la resistenza specifica corrispondente.

$$r_i = \frac{R_i}{G} = \frac{i}{\sqrt{1 + i^2}} \quad (17.20)$$

Le applicazioni pratiche della (17.20) assegnano al radicando del denominatore un valore unitario, così che essa diviene:

$$r_i = \frac{R_i}{G} \cong i \quad (17.21)$$

### 17.2.7 Resistenza dovuta alle curve

Ciclista e bicicletta presentano un certo momento di inerzia  $J_b$  rispetto all'asse baricentrico verticale. Se il veicolo passa dalla marcia in rettilineo a quella in curva l'energia utile  $E$  per affrontare la curva di raggio  $R$  è data dalla relazione:

$$E = \frac{1}{2} J_b \omega^2 = \frac{1}{2} J_b \left( \frac{v}{R} \right)^2 \quad (17.22)$$

essendo  $v$  la velocità della bicicletta e  $\omega$  la velocità angolare per percorrere la curva. La resistenza addizionale in curva si ottiene dividendo l'energia per lo spazio  $s$  percorso in curva:

$$R_C = \frac{1}{2s} J_b \left( \frac{v}{R} \right)^2 \quad (17.23)$$

e la resistenza specifica:

$$r_c = \frac{R_C}{G} \quad (17.24)$$

Inoltre al contatto ruota terreno si destano azioni supplementari che contribuiscono all'aumento della resistenza. La sua valutazione non è quindi semplice per cui ci si riferisce a risultati sperimentali.

### 17.2.8 Resistenza accidentale

Essa tiene conto delle variazioni altimetriche e planimetriche del fondo stradale del tracciato ed è data dalla somma di resistenza di rampa e resistenza in curva. La resistenza specifica è:

$$r_e = \frac{R_e}{G} = \frac{R_i + R_C}{G} = i + r_c \quad (17.25)$$

Per tenere conto della pendenza positiva o negativa conviene determinare la  $r_e$  utilizzando la relazione:

$$i' = r_e = \pm i + r_c \quad (17.26)$$

La  $i'$  è detta *pendenza fittizia* e tiene conto contemporaneamente della pendenza e della resistenza supplementare in curva.

### 17.3 Concludendo

La *resistenza totale* al moto è data da:

$$R = r_o \cdot G + R_2 + (\pm i + r_c) \cdot G \quad (17.27)$$

Dividendo per il peso  $G$  si ottiene la *resistenza unitaria complessiva* variabile in funzione di  $v$  (ricordando che la  $R_2$  non è proporzionale al peso):

$$r(v) = \frac{R}{G} = r_o(v) \pm i + r_c + r_2 \quad (17.26)$$

## Capitolo 18



Il moto

## 18.1 Fase di avviamento

È la fase in cui la bicicletta passa da  $v_0=0$  alla velocità di regime  $v_r$ . Si possono considerare due sottofasi: la prima durante la quale la velocità della bicicletta passa da 0 a  $v_a$ , con una forza di trazione circa costante essendo trascurabile l'effetto resistente dell'aria. La forza di trazione è:

$$F_i = m_e \cdot a = F - R \quad (18.1)$$

nella quale  $a$  è un'accelerazione media ed  $m_e$  è la massa equivalente. L'introduzione di quest'ultima è necessaria per tenere conto dell'inerzia delle parti rotanti, quali catena, corona e rocchetto, per mettere in rotazione le quali è richiesto un maggiore sforzo da parte del ciclista. La massa equivalente si definisce come:

$$m_e = \varepsilon \cdot m \quad (18.2)$$

ove  $\varepsilon$  è il coefficiente di inerzia, ed è una quantità maggiore di 1:

$$\varepsilon = 1 + \frac{1}{m} \cdot 2 \cdot \frac{4\rho^2}{D^2} \cdot J \quad (18.3)$$

essendo:

- $\rho$  rapporto di trasmissione tra corona, rocchetto e catena con gli assi delle ruote.
- $D$  il diametro della ruota
- $J$  il momento d'inerzia delle parti rotanti

La seconda fase invece porta la velocità dal valore  $v_a$  alla velocità di regime costante  $v_r$ . In questa fase l'accelerazione diminuisce gradualmente fino ad annullarsi.

## 18.2 Forze d'inerzia e accelerazione limite

La forza di trazione è data da:

$$F_i = \varepsilon \cdot m \cdot a ; \quad (18.4)$$

Nella fase di avviamento le resistenze al moto in piano e rettilineo  $R_0 = r_0 \cdot G = r_0 \cdot m \cdot g$  sono trascurabili a parità di massa  $m$ , rispetto alla forza di trazione  $F_i$ , pertanto le condizioni d'aderenza sono:

$$F_i \leq f \cdot \alpha \cdot G ; \quad \varepsilon \cdot m \cdot a \leq f \cdot \alpha \cdot m \cdot g , \quad (18.5)$$

essendo  $\alpha$  il rapporto di aderenza. Ricavando l'accelerazione:

$$a \leq \frac{f \cdot \alpha}{\varepsilon} \cdot g \quad (18.6)$$

si ottiene l'*accelerazione d'avviamento limite*.

### 18.3 Marcia per inerzia

Se si immagina di rimuovere la forza di trazione dalla bicicletta, ossia si smette di pedalare e non si azionano i freni, si nota che la bicicletta continua la sua marcia per inerzia in un moto decelerato a causa delle resistenze, date da:

$$R = (r_0 + i + r_c) \cdot G \quad (18.7)$$

Le resistenze sono positive finché la pendenza  $i \geq 0$  o, nel caso  $i \leq 0$ , fin quando la pendenza si mantiene inferiore a  $r_0 + r_c$ . Indicando con  $g$  l'accelerazione di gravità il valore dell'accelerazione d'inerzia è:

$$a_c = -\frac{R}{m_e} = -\frac{(r_0 + i + r_c) \cdot G}{\varepsilon \cdot m} = -\frac{r_0 + i + r_c}{\varepsilon} \cdot g \quad (18.8)$$

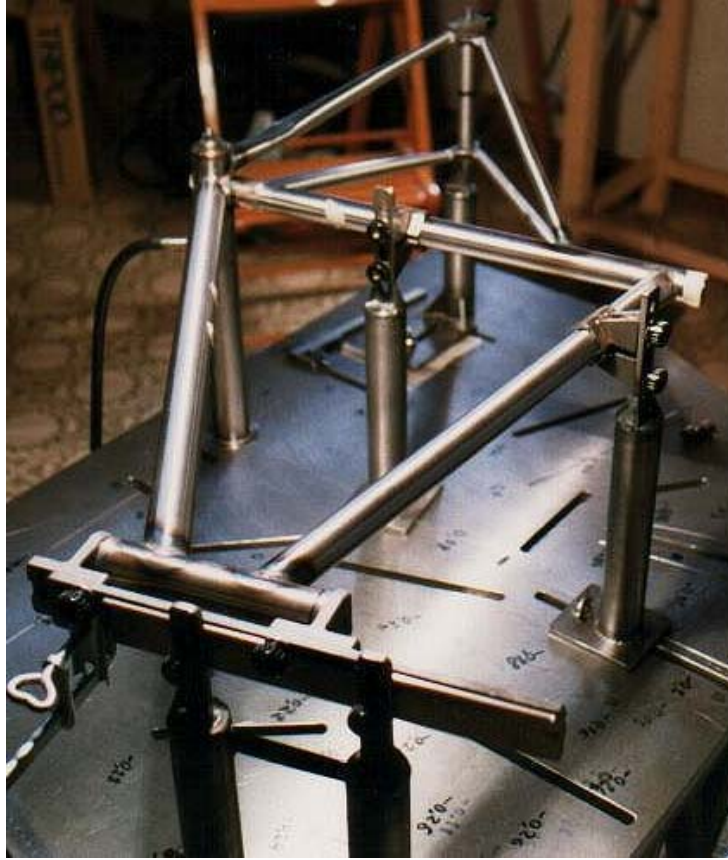
### 18.4 Frenatura

Quando è necessario arrestare la bicicletta in spazi brevi si deve intervenire con i freni. La forza frenante  $F_f$ , avente stessa direzione del vettore velocità  $\vec{v}$ , ma verso opposto è una forza attiva negativa che

tende ad arrestare il moto portando la velocità dal valore  $v_f$  a zero con un'accelerazione negativa (moto decelerato) costante pari a  $a_f$ . Il tempo di arresto e lo spazio di frenatura sono dati da:

$$t_f = \frac{v_f}{a_f} \quad s_f = \frac{v_f^2}{2a_f}. \quad (18.9)$$

## Capitolo 19



I materiali per il telaio



## **19.1 I concetti generali**

Nei capitoli precedenti si è accennato alle caratteristiche che deve avere il telaio di una bicicletta e che esse dipendono dall'uso cui è destinata la bicicletta e dal suo costo. Si è detto della forma dei tubi che si è evoluta negli anni, e della forma dei telai con gli angoli tra i tubi sempre più acuti, si è detto delle sollecitazioni cui è soggetto il telaio durante il moto della bicicletta o da fermo, e degli effetti degli urti e delle vibrazioni sul ciclista e sulla stabilità del mezzo.

In questo capitolo si tratta dei materiali usati per realizzare i telai moderni e confrontandone pregi e difetti. In particolare si mettono in luce, attraverso dati numerici, le influenze delle caratteristiche dei materiali sul comportamento dei telai, sul loro peso e sulle metodologie costruttive.

## **19.2 Il telaio ideale per ogni situazione**

In base a quanto detto nei capitoli precedenti, le ragioni dell'impossibilità di costruire un telaio che sia ideale in ogni situazione sono chiare se si pensa alle misure e al dimensionamento di esso rispetto al ciclista. Inoltre le biciclette possono essere molto diverse l'una dall'altra, per esempio le biciclette da competizione sono molto dissimili dalle mountain bike non solo esteticamente. Fissato l'uso al quale è destinata la bicicletta, il problema più importante risiede nella scelta del materiale per il telaio. Si potrebbe pensare di scegliere la migliore lega o fibra in fatto di leggerezza, realizzarne un telaio e quindi avere risolto il problema. Ovviamente la scelta non è così semplice, anzi la scelta del materiale non si limita alla sola leggerezza, perché si rischierebbe di ottenere una struttura molto fragile o comunque inadeguata alle prestazioni.

Oggi il materiale più usato per i telai ciclistici è sicuramente l'acciaio, specie sulle biciclette di bassa gamma. Occorre comunque dare indicazione sulla composizione della lega e sullo spessore, la dimensione e la forma dei tubi. L'acciaio al giorno d'oggi è un materiale tale da dare l'idea di grande resistenza, ma molta differenza di comportamento viene dalla composizione della lega. Si rimanda al paragrafo sull'acciaio per maggiori informazioni in merito.

In questo paragrafo si definiscono le caratteristiche principali che l'utilizzo di ciascun tipo di materiale comporta per la forma, la realizzazione e la lavorazione sia dei singoli tubi che del telaio nel suo complesso. Infatti se si confrontano le caratteristiche di resistenza di un tubo in acciaio di un certo tipo a sezione circolare con uno dello stesso tipo ma a sezione ellittica, si notano differenze evidenti in certi casi; lo stesso accade se per il confronto si adoperano altri materiali. Ciò non deve sorprendere, infatti i tubi ellittici sono in genere di diametro più grande dei circolari e a spessore variabile, ma offrono buone resistenze in determinate direzioni; su questo concetto si basa la produzione di tubi di dimensioni oversize, specie in alluminio. La costante ricerca di leggerezza ha portato le case costruttrici ad un impiego sempre maggiore dell'alluminio a discapito della resistenza maggiore che offre l'acciaio, ma i tubi oversize in alluminio a spessori ridottissimi presentano una resistenza pari a quella di tubi di acciaio di diametro inferiore e più pesanti.

Si può notare che raddoppiando il diametro di un tubo lasciandone costate lo spessore, anche il peso raddoppia ma la rigidità aumenta di circa otto volte! In via teorica si potrebbe ridurre lo spessore al minimo aumentando il diametro ottenendo strutture leggere e rigide ma fragilissime agli urti e alle flessioni come delle lattine da bibita.

Se in fase di progettazione si agisce sui diametri e sugli spessori, magari con spessori differenti lungo il tubo, si riesce ad ottenere risultati interessanti in termini di riduzione della massa e aumento della resistenza.

Un ulteriore fattore da tenere in considerazione è la saldatura dei tubi per la formazione del telaio; questa è sempre stata un processo critico di cui spesso si sottovaluta l'importanza. Oggi le saldature dei telai sono quasi esclusivamente di tipo TIG sia per tubi in acciaio, che in alluminio od in titanio. La giunzione dei tubi avviene con o senza apporto di materiali a seconda dello spessore dei tubi, ma lo shock termico causa un decadimento delle proprietà di essi; questa circostanza non è trascurabile perché, nonostante i trattamenti cui i telai vengono sottoposti a seguito della saldatura, è noto che le rotture o cedimenti strutturali avvengono sempre all'altezza delle saldature. Si possono inserire elementi di rinforzo in vicinanza di saldature particolarmente critiche, ma la maggiore rigidità apportata è

accompagnata da ulteriori saldature e quindi da decadimento del materiale; il conseguente aumento di rigidità non può essere considerato un fatto positivo perché le biciclette non ammortizzate sfruttano le micro - deformazioni del telaio per smorzare urti e vibrazioni, mentre un telaio rinforzato è più rigido e meno smorzante. Infine, seppur in minima misura, saldature con apporto di materiale e rinforzi aumentano il peso del telaio.

In genere il peso del telaio di una bicicletta, avente una certa pretesa in termini di prestazioni, si aggira tra 1,2 Kg e 1,5 Kg, cioè circa il 10-12% del peso complessivo della bicicletta. Se si riuscisse a realizzare un telaio ad alte prestazioni che pesi la metà di uno moderno, la bicicletta completa si sarebbe alleggerita di solo 5-6% del peso.

Un altro esempio è il seguente: si prenda in considerazione una bicicletta con telaio in carbonio ultraleggero, ma tutti gli altri componenti siano di bassa gamma, e se ne confronti il peso con quello di un telaio in acciaio con componenti ultraleggeri di alta gamma; i pesi si uguagliano o il primo peserà di più.

Non basta pertanto alleggerire solo il telaio. I due esempi servono a fare comprendere che la riduzione di peso del telaio, ottenuta senza intaccarne la sicurezza, non è sufficiente se non si lavora allo stesso modo sugli altri componenti della bicicletta. La forcella anteriore oggi pesa intono ai 700-800 g, cioè la metà del peso del telaio! Le ruote sono certamente quelle che pesano di più, tra tutti i componenti, specie se si tratta di ruote lenticolari o a disco.

L'evoluzione dei materiali e della progettazione deve andare di pari passo su ogni settore delle componenti della bicicletta.

### **19.3 I materiali usati per i telai delle biciclette moderne**

Oggi i materiali usati per la realizzazione dei telai delle biciclette sono molto vari: possono essere usati una vasta gamma di leghe, soggette a trattamenti particolari per accentuarne particolari caratteristiche. Si parla delle diverse leghe in ordine di introduzione in campo ciclistico:

- *Acciaio*

- *Alluminio*
- *Titanio*
- *Fibre di carbonio*
- *Magnesio*

### 19.3.1 *L'acciaio*

È stato il materiale base per la costruzione di biciclette per decine di anni prima di essere sostituito dall'alluminio, almeno per le biciclette da competizione. In realtà oggi l'acciaio gode di una rinascita grazie all'impiego di nuove leghe e nuove tecnologie di lavorazione.

Come è noto l'acciaio è una lega in percentuale variabile di ferro e carbonio, le cui proprietà cambiano in modo significativo, a seconda del contenuto di carbonio. L'aumento comporta un aumento di rigidità della lega ma anche della fragilità, cioè scarsa resistenza agli urti. Almeno in campo ciclistico è bene non adoperare acciai con alto contenuto di carbonio, anche perché sarebbero difficili da saldare. Le caratteristiche dell'acciaio possono essere migliorate aggiungendo dei materiali che facciano da alleganti, in opportuni dosaggi stabiliti per mezzo di continui studi, così che se ne avvantaggiano non solo le caratteristiche di resistenza, ma anche la lavorabilità e la saldatura. I principali elementi in lega sono:

- *Manganese*
- *Cromo*
- *Molibdeno*
- *Vanadio*
- *Niobio*

Il *manganese* aumenta la durezza e la tenacità dell'acciaio senza rendere difficoltosa la saldatura, ma anzi rende la lega più adatta a sopportarne il surriscaldamento.

Il *cromo* aumenta la durezza, la resistenza e contribuisce come il manganese a preparare la lega alla saldatura migliorandone la resistenza al calore.

Il *molibdeno* diminuisce la fragilità, aumenta la temprabilità e migliora la saldabilità.

Il *vanadio* migliora la resistenza a caldo e contrasta l'invecchiamento.

Il *niobio* rende la grana della lega molto fine, migliorando le saldature.

La *Columbus* e la *Dedacciai* sono due case produttrici di tubi in acciaio molto usati per le costruzioni ciclistiche. Alle ricerche più avanzate si deve l'introduzione dell'acciaio *Nivracom* che dopo la produzione per trafilatura subisce delle ulteriori lavorazioni e trattamenti per rendere le caratteristiche uniformi lungo l'asse longitudinale. La lega ottenuta ha un'ottima saldabilità e resistenza a fatica nonché un allungamento maggiore del 10%.

Un aumento delle percentuali di niobio e vanadio ha portato alla realizzazione di un acciaio micro legato chiamato *Thermacrom* che è un'evoluzione del precedente. Il niobio e il vanadio agiscono affinando la grana dell'acciaio ulteriormente e creando precipitati che aumentano la durezza della lega.

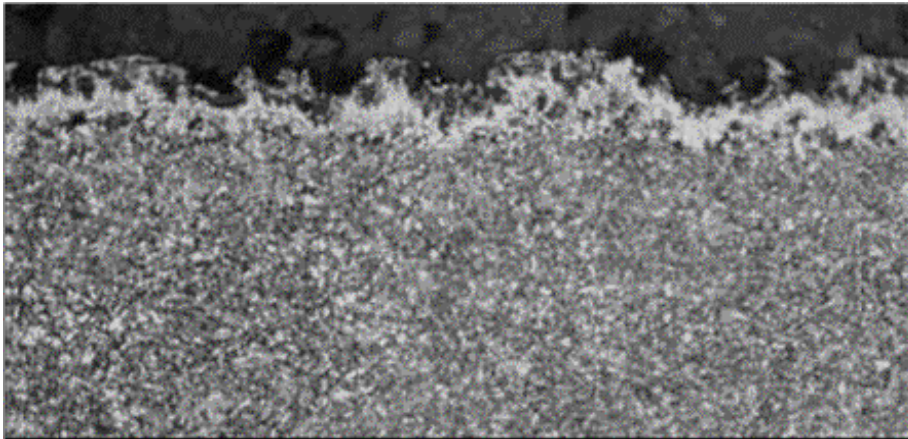


Figura 19.1 Micrografia dell'acciaio *Niobium*. E' possibile notare la grana della struttura, incredibilmente fine ed omogenea.

L'ultima frontiera degli acciai micro legati è rappresentato dal *Niobium*. Si tratta di un acciaio speciale con Manganese, Cromo, Nickel, Molibdeno e Niobio, che deriva direttamente dal *Thermacrom*. A differenza di quest'ultimo esso possiede caratteristiche meccaniche eccezionali dovute all'aumento di percentuali di niobio e vanadio, ottenendo una struttura interna uniforme e un rafforzamento. Inoltre il *Niobium* dopo la trafilatura viene soggetto a dei trattamenti atti a minimizzare la distorsione dei tubi e la decarburazione dovute alle alte temperature. Essi conferiscono una micro struttura super fine di *ainite* con aumento del limite di rottura a 1250 MPa e di quello di snervamento a 750 MPa (valori minimi); anche l'allungamento percentuale aumenta raggiungendo il 14%. Per avere un'idea del valore di questi numeri, basti osservare dire che gli acciai usati per le biciclette di bassa gamma presentano un limite di rottura di 720 MPa.

Grazie a queste nuove leghe oggi i telai in acciaio arrivano ad avere anche pesi di 1,4 kg, allo stesso livello dei telai in titanio ed in alluminio, anche se con prezzi ancora molto alti e quindi non certo adatti ad una utenza molto ampia. Però i telai in acciaio presentano punti di forza non raggiungibili dalle altre leghe e assimilabili sono ai telai in fibra di carbonio. Infatti il telaio in acciaio possiede una resistenza a rottura molto alta e imbattibile resistenza a fatica, inoltre la rigidità ne fa il telaio più sicuro e, se opportunamente trattato contro l'ossidazione, anche quello con la vita più lunga.

### 19.3.2 L'alluminio

In natura è un materiale facilmente reperibile ed è caratterizzato da una densità di soli 2,71 g/cm<sup>3</sup>, cioè pari a un terzo di quella dell'acciaio; per tal motivo viene classificato tra i metalli leggeri. Altre sue caratteristiche sono la completa riciclabilità, basso peso specifico, buona saldabilità, ottima conduzione del calore e dell'elettricità, elevata malleabilità e duttilità.

Almeno per il campo ciclistico non tutte le sue caratteristiche sono da considerarsi pregi, infatti nonostante la buona saldabilità, esso ha il grave difetto di elevata trasmissione del calore. Durante la saldatura *MIG* ma soprattutto la *TIG*, ove si raggiungono

temperature di fusione anche nei lembi da unire, l'elevata conduzione del calore comporta deformazione diffusa e surriscaldamento generalizzato del tubo e del telaio e quindi decadimento della lega; per questo motivo le saldature dell'alluminio devono essere eseguite molto rapidamente, circa 1-2 secondi, e in modo discontinuo. Altro difetto è la malleabilità elevata, che comporta complicazioni non trascurabili per la realizzazione di particolari di piccole dimensioni o tubi super sottili. Certi piccoli particolari quindi non possono essere realizzati, specie se hanno forme troppo complesse.

L'alluminio è il materiale in cui sono realizzate la maggior parte dei telai delle biciclette da corsa, competizioni ufficiali e molti telai di biciclette da strada e oggi anche mountain bike. È anche usato per molte componenti della bicicletta quali ad esempio tubi reggisella, manubri, cerchi delle ruote, componenti del cambio e dei freni ecc. Il punto di forza dell'alluminio è la sua bassa densità e quindi peso, ma con esso anche il modulo di elasticità è basso, circa un terzo dell'acciaio. Quindi telai in alluminio a parità di diametro con l'acciaio risultano tre volte più leggeri ma anche tre volte meno rigidi; per ovviare a ciò sono stati introdotti i tubi *oversize* anche per l'alluminio.

Agli inizi i telai delle biciclette erano realizzati in acciaio, poi furono sostituiti da quelli in alluminio, ma non completamente a causa della minore resistenza e rigidità. Poi furono introdotti i tubi *oversize* in alluminio e si raggiunsero prestazioni superiori all'acciaio, ma le nuove ricerche hanno permesso anche per l'acciaio una rinascita. Con le leghe *Nivracom*, *Thermacrom* e *Niobium* e i tubi *oversize* si sono raggiunti ancora una volta valori caratteristici molto simili tra tubi in acciaio e alluminio. I siffatti tubi in acciaio costano molto di più a parità di prestazioni di rigidità e leggerezza ma hanno vita a fatica pressoché infinita ed elevata rigidità. Oggi si riesce ad ovviare ad entrambi questi problemi per i tubi in alluminio, prima con l'introduzione del trattamento *T6* (migliora resistenza a rottura e a snervamento), poi con una lavorazione di trafilatura particolare chiamata *A.B.T.* per migliorare la rigidità e infine con l'introduzione del trattamento *K.E.T* per migliorare la resistenza a fatica.

I tubi *oversize* in alluminio comportano un aumento del diametro ma anche del peso, del momento torcente e della rigidità. Ad esempio se si immagina di realizzare un tubo *oversize* con dimensioni doppie rispetto ad uno dato di sezione circolare, si nota un aumento del peso dell'ordine di  $2^2$  (quadruplo) ma allo stesso tempo anche un aumento della rigidità dell'ordine di  $2^3$  (otto volte) e della rigidità torsionale di addirittura  $2^4$  (16 volte!).

In genere i telai siffatti hanno rigidità troppo elevata rischiando di trasmettere troppe vibrazioni al ciclista facendolo stancare precocemente. Per ottenere lo smorzamento delle vibrazioni e degli urti si può adottare un carro posteriore con pendenti molto sinuosi o realizzati in fibra di carbonio.

Il *T6* prevede che il tubo venga riscaldato in un forno speciale alla temperatura di  $460^{\circ}\text{C}$  e poi soggetto ad un raffreddamento controllato di un grado al secondo. Segue un processo di invecchiamento con altro riscaldamento in un forno a  $95^{\circ}\text{C}$  per otto ore ed infine in un altro a  $165^{\circ}\text{C}$  per 16 ore.

Il trattamento di tipo *ABT* (*Advanced Butt Technology*) ha permesso invece la realizzazione per trafilatura di tubi a spessore variabile lungo la sezione con ringrossi in corrispondenza di zone più sollecitate e soggette a saldatura e sottili spessori in altre zone, per guadagnarne in leggerezza. Uno di questi tipi di alluminio come il SC61.10A è il materiale base di molti tubi.

Infine il K.E.T. (*Kinetic Energy Treatment*) è l'ultimo processo in ordine di tempo ad essere stato introdotto ma forse quello che ha apportato i maggiori progressi, portando i tubi di alluminio ad un livello formidabile. Si tratta di un trattamento nel quale delle particelle (la cui natura e formula chimica è ancora un segreto gelosamente custodito dalla casa produttrice) vengono "sparate" ad alta velocità verso la superficie del tubo con varie inclinazioni, generando con essa impatti con velocità poco inferiori a quella della luce, interessando il tubo fino a una profondità di 0.2 mm. Se ne ottiene una sorta di lievissima "crosta" con una durezza maggiore del 30% di quella dei tubi non trattati con tale sistema. Si ottiene in definitiva una maggiore resistenza alla fatica che si tramuta in una vita molto maggiore, assicurando contemporaneamente la costanza di prestazioni.



Tutte questi accorgimenti, assieme alla bassa densità, portano oggi le case costruttrici a realizzare telai in alluminio con resistenza a snervamento, resistenza a rottura e a fatica a volte anche maggiore di alcune leghe micro legate di acciaio, ma con un peso totale del telaio addirittura inferiore al chilogrammo.

La convenzione odierna porta a classificare le leghe di alluminio usando una speciale nomenclatura che consente di conoscere subito la composizione della lega. Si tratta di quattro numeri seguiti a volte da una lettera; il primo dei quattro indica il componente con la percentuale maggiore, il secondo indica se è presente un secondo legante in misura minore o in caso non vi fosse verrà messo uno zero. Le ultime due cifre servono ad identificare la lega base dello stesso legante. Si riportano i numeri che si possono leggere nelle varie sigle con il componente che indicano:

*1 Nessun legante*

*2. Rame*

*3. Manganese*

*4. Silicio*

*5. Magnesio*

*6. Magnesio-silicio*

*7. Zinco*

*8. Altri elementi*

Infine le eventuali lettere cui corrispondono i trattamenti subiti possono essere:

*F – Grezzo*

*O – Ricotto*

*H - Incrudito con una deformazione plastica a freddo*

*W – Solubilizzato*

*T - Trattamento termico al fine di ottenere uno stato stabile con molecole disposte uniformemente.*

L'aggiunta in lega di alluminio di alcuni componenti migliora alcune caratteristiche in modo analogo a quanto già visto per l'acciaio. I componenti che in genere vengono aggiunti sono:

- *Magnesio*: migliora la resistenza alla corrosione alcalina.
- *Manganese*: migliora la resistenza meccanica e alla corrosione.

- *Rame*: migliora la resistenza meccanica.
- *Silicio*: migliora la colabilità dell'alluminio e ne riduce la dilatazione.
- *Scandio*: migliora la rigidità.
- *Zinco*: migliora la resistenza meccanica soprattutto se associato al magnesio.

### 19.3.3 Il titanio

Il titanio si colloca tra acciaio e alluminio per le sue caratteristiche meccaniche. Possiede un valore del modulo di elasticità superiore a quello dell'alluminio ma inferiore a quello dell'acciaio, mentre ha una densità quasi doppia della alluminio che è comunque solo il 58% di quella dell'acciaio. Il suo punto di fusione è elevatissimo e si attesta a circa 1700°C. I suoi punti di forza sono la sua inattaccabilità dalla corrosione, la sua resistenza a fatica/rottura/snervamento e la capacità di smorzare le vibrazioni che ne fanno un materiale "eterno" tale da consentire ai costruttori di dare la garanzia a vita. Tuttavia è un materiale costosissimo anche a causa della forte difficoltà a lavorarlo e a saldarlo; sono necessari macchinari e lavorazioni particolari, quindi sono poche le case costruttrici con personale e risorse in grado da poterne gestire la lavorazione. I tubi in titanio possono essere realizzati mediante trafilatura o mediante deformazione e saldatura longitudinale di una lastra di titanio.

Il titanio puro non viene utilizzato per scopi ciclistici a causa della sua difficoltà di lavorazione e saldatura; esso si indica con la sigla *CP* (Commercially Pure) e si distingue a seconda del contenuto di ossigeno. All'aumentare di quest'ultimo migliora la saldabilità ma aumenta la sensibilità alla corrosione. Le leghe di titanio vengono comunemente chiamate come *alfa*, *beta* e *alfa-beta* ma con una classificazione più ampia le si ritrova espresse in *gradi* da 1 a 9. Da *grado 1* a *grado 4* si tratta di leghe che sono quasi pure e che non vengono usate in campo ciclistico, mentre le leghe comunemente usate sono quelle di *grado 5* (*6Al-4V*) e quella di *grado 9* (*3Al-2,5V*), note comunemente come *leghe alfa-beta*.

La lega *6Al-4V* contiene come alleganti *alluminio* e *vanadio* ed è

nota anche come Ti 6-4; essa è considerata pregiatissima grazie alle sue eccellenti caratteristiche meccaniche che se soggette a trattamento termico possono raggiungere valori che non possono essere raggiunti con nessun altro materiale. E' una lega con altissimo carico di rottura e resistenza alla corrosione; viene utilizzata per realizzare scatole del movimento e forcellini e a volte viene accoppiata alla lega successiva per la realizzazioni di telai in titanio.

La lega 3Al-2,5V possiede un alto carico di rottura e resistenza alla corrosione non ai livelli della prima, ma certamente superiore ai valori di alluminio e acciaio. Viene utilizzata per la realizzazione delle tubazioni in titanio dei telai.

#### *19.3.4 La fibra di carbonio*

Si tratta di un materiale per telai ciclistici che è stato lanciato per la prima volta sul mercato negli anni ottanta ma senza studi e progettazioni mirate, per cui venne inteso come materiale di scarsa durata e fragile. Oggi si sa bene che è il contrario, ma è anche vero che tra oggi e allora c'è una differenza di venti anni di evoluzione di materiali, lavorazioni e tecnologie, nonché studi e sperimentazione. La fibra di carbonio non è un materiale omogeneo strutturalmente e neanche per composizione. Si tratta di una miscela di vari elementi uniti tra loro chimicamente a formare fasce e pelli, tenute assieme da una resina in modo da costituire un materiale composito. Il punto di partenza sono tanti filamenti di carbonio flessibili e morbidi come il nylon che vengono intrecciati tra loro, quasi come i fili di lana di un maglione, a formare le pelli, anch'esse morbide e flessibili. È vitale per il tubo o telaio o altro componente che i filamenti siano disposti con angoli di inclinazione ed orientazione tale da seguire quelle delle sollecitazioni che agiscono in ogni sua parte; in altre parole le fibre di carbonio devono subire una progettazione mirata in ogni sua parte per tenere conto delle direzioni di urti e sollecitazioni. Infatti è bene chiarire che le fibre hanno grande resistenza se le sollecitazioni sono longitudinali alla loro orientazione, nel qual caso si ottengono ottimi risultati, ma se invece fossero trasversali non si avrebbero certo grandi caratteristiche meccaniche, con evidenti rischi di rotture.

Le pelli siffatte sono essere collocate all'interno degli stampi, ove

viene colato un collante liquido particolare, una resina epossidica che ha il compito di unire le pelli e formare una struttura unica. Ciò avviene chiudendo lo stampo e attivando un'autoclave che attraverso l'alta temperatura e l'alta pressione spinge fibre e resina ad aderire contro le pareti dello stampo durante la solidificazione del collante. In genere la pressione si aggira intorno alle sette atmosfere e permette di ottenere prodotti finiti con una superficie liscia e senza inclusioni di aria. Pressioni inferiori potrebbero dare superfici parti non molto lisce e quindi sarebbe necessario apportare correzioni con dello stucco con successiva verniciatura. Per evidenziare cricche, fratture o difetti vengono effettuate analisi ai raggi X, sia a fine produzione sia per verificare l'integrità del telaio in caso di incidente. I tubi o telai realizzati in fibra di carbonio hanno una resistenza al calore fino a 90°C, poiché oltre ci sarebbe decadimento delle resine epossidiche; inoltre il coefficiente di dilatazione termica delle fibre è almeno cinquanta volte inferiore a quello dell'alluminio. I telai delle biciclette sono realizzati con due metodologie differenti: monoscocca o *full carbon*.

I telai monoscocca sono da intendersi limitati al trapezio di base del telaio senza il carro posteriore, che viene montato in seguito. Si tratta di una lavorazione difficile e costosa, di certo non adatta alla produzione in serie, a causa degli stampi grossi e costosi per l'unione del composito. I telai in monoscocca sono un po' più leggeri dei telai *full carbon* poiché si risparmiano le fibre per le giunzioni delle varie parti.

I telai *full carbon* invece sono costituiti dai vari tubi in carbonio uniti insieme o per incollaggio delle fibre con opportuno incastro, o attraverso fasciatura con pelli di carbonio. Un trattamento termico può migliorarne le caratteristiche e portarlo ai livelli di un monoscocca. Essi hanno un prezzo inferiore dei monoscocca ma un peso superiore per cui non sono adatti alle biciclette di alta gamma con telai realizzati in alluminio magari più leggeri.

In fibra di carbonio vengono realizzati anche forcelle, pedivelle, manubri, carri posteriori, ecc., ma sorge un grosso problema per collegare le parti in lega con quelle in fibra. Per realizzare gli incollaggi sono necessari tecnici specializzati, per cui oggi alcune case

realizzano le parti terminali in acciaio o in alluminio pre-incollate in fabbrica in modo da semplificare il montaggio a semplici perni o dadi.

### 19.3.5 Il magnesio

Si tratta dell'ultima frontiera in fatto di materiali per telai ad uso ciclistico. Con la sua densità di soli  $1,739 \text{ g/cm}^3$ , pari ad un terzo di quello dell'alluminio permette di ottenere telai leggerissimi, ha inoltre capacità meccaniche interessanti e buona capacità di smorzamento delle vibrazioni, anche molto migliori dell'acciaio Cr-Mo.

Tabella 19.1 Si riportano le caratteristiche principali di alcune leghe usate in ambito ciclistico:

Lega	Modulo di Young E [MPa]	Carico di snervamento $\sigma_s$ [MPa]	Carico di rottura $\sigma_r$ [MPa]	Peso specifico [N/dm <sup>3</sup> ]	Allung. %
Acciaio al carbonio	210000	235	360	46	8
Acciaio al carbonio Mn	210000	350	500	64	10
Acciaio al Cr-Mb	210000	600	900	115	12
Acciaio microlegato	210000	820	1250	160	12
Acciaio Microlegato-temprato	210000	920	1400	180	13
Lega alluminio	70000	350	400	143	10
Lega titanio 3Al-2,5V	100000	720	860	190	10
Lega titanio 6Al-4V	200000	880	1100	240	7

È però soggetto alla corrosione, per cui si cerca di utilizzare leghe pure o quasi, limitando la presenza di nichel, rame e ferro e provvedendo ad opportuni trattamenti. Il difetto principale è la lavorabilità; infatti nonostante la sua ottima colabilità e lavorabilità

alle macchine utensili, risente di problemi dovuti al basso punto di fusione, con pericolo di incendiabilità. Inoltre le saldature e le lavorazioni vanno protette dal contatto con l'ossigeno che ne fa' decadere rapidamente le caratteristiche. Oggi alcune case come la *Pinarello* e la *Merida* hanno iniziato a introdurre sul mercato telai in magnesio.

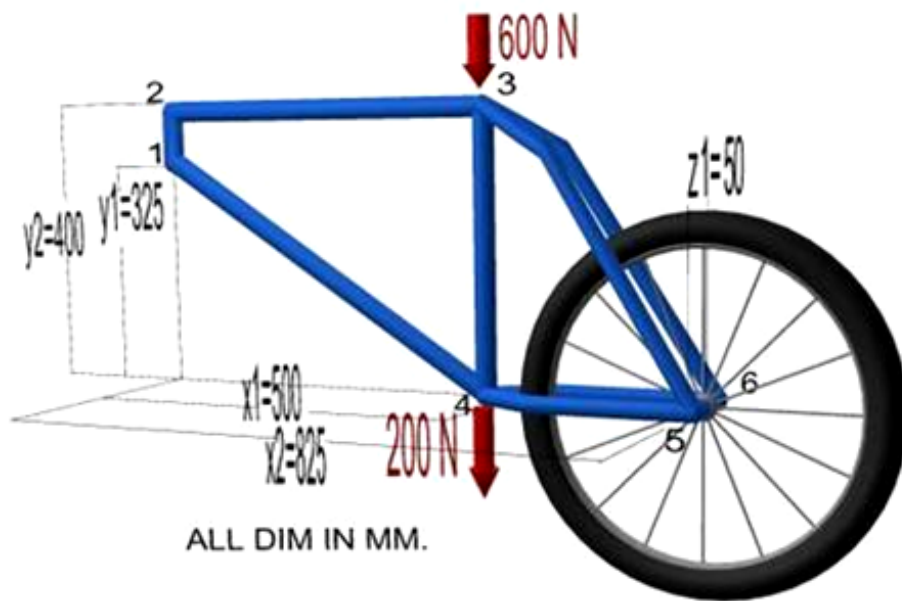
#### *19.3.6 Il berillio*

In effetti i telai in lega di berillio potrebbero costituire una nuova frontiera, ma vi sono notevoli difficoltà da superare per le lavorazioni. Anche le leghe di berillio si presentano molto interessanti con una densità di  $2,2 \text{ g/cm}^3$  e con alte caratteristiche di resistenza, sia statiche che a fatica. Ancora notevole è la resistenza al fuoco, con una temperatura di fusione di circa  $650^\circ \text{ C}$  e una rigidità maggiore di quella delle leghe di alluminio e di titanio.

### **19.4 Conclusioni**

Scegliere un telaio oggi è molto difficile per la vastità di modelli con caratteristiche meccaniche sempre più vicini l'uno all'altro e sempre migliori allo stesso tempo. I materiali più usati restano comunque acciaio, alluminio e titanio; la tab. 19.1 riporta le caratteristiche principali delle varie leghe in modo da avere una visione complessiva delle diverse possibilità attuali.

## Capitolo 20



Calcolo dei carichi

## 20.1 Concetti generali

In questo capitolo e nel successivo è riportata la parte originale di questo testo. Lo scopo di questo capitolo è quello di determinare le condizioni di esercizio critiche sulla base delle quali procedere con il dimensionamento delle diverse parti costituenti il telaio stesso, eseguendo il calcolo dei carichi cui è soggetta la bicicletta in alcune particolari situazioni:

- bicicletta su un dislivello di ca. 2-3 cm;
- caduta della bicicletta sulla pista;
- impatto della bicicletta su un cartellone pubblicitario.

La figura 20.1 indica l'orientamento di una terna di riferimento solidale alla bicicletta alla quale si farà riferimento d'ora in avanti, allo scopo di una migliore comprensione.

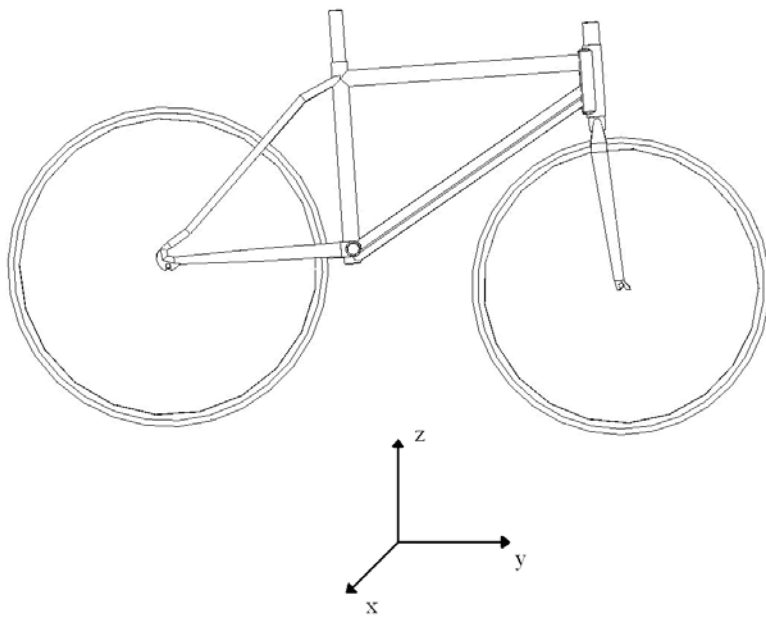


Figura 20.1 Immagine wireframe della bicicletta e orientazione assi di riferimento.

Sia il complessivo che le singole parti costituenti la bicicletta sono stati realizzati tramite un software di modellazione solida. Le quattro



parti che costituiscono la bicicletta (telaio, forcella, ruota anteriore, ruota posteriore) sono state sviluppate singolarmente e, successivamente, assemblate. Sono state effettuate della analisi considerando un iniziale spessore di massima di 3 mm, uniforme per tutta la struttura e per tutti e tre i materiali analizzati nelle analisi, che sono:

1. *Beralcast*;
2. *Alluminio*;
3. *Titanio*.

Sono stati messi a confronto i risultati ottenuti realizzando il telaio con i suddetti materiali, per le diverse condizione di sollecitazione precedentemente elencate, traendo interessanti conclusioni.

### 20.1 Beralcast

In generale Beralcast® 363 è usato soprattutto per il getto di precisione, applicazioni strutturali ad alta resistenza.

Le informazioni del General Beralcast®: resistente al fuoco come alluminio e titanio.

Tabella 20.1 Composizione del Beralcast:

Component Wt %		Co	0.65 - 1.35
Ag	2.65 - 3.35	Fe	Max 0.2
Al	33	Ge	0.55 - 0.95
Be	61.1 - 68.6	Si	Max 0.1

Maggiore duttilità del berillio puro (dovuto alla presenza degli additivi). Molto più rigido di alluminio, magnesio, o composti a base di alluminio. La microstruttura consiste di una fase primaria del berillio in una matrice di alluminio.

Beralcast trova gli usi nei componenti dei satelliti, nell'imballaggio dell'elettronica aeronautica, nei sistemi di aircraft/missile, in prodotti modellati, in calcolatori, nel controllo di movimento e nei randelli di golf. Le informazioni sono state fornite da *Starmet Corporation*.

Tabella 20.2 Caratteristiche meccaniche e fisiche del Beralcast:

Proprietà: fisiche, meccaniche e termiche del Beralcast 363	
Densità	2,16 g/cc
Carico di rottura	289,6 MPa
Carico di snervamento	213,7 MPa
Allungamento a rottura	3%
Modulo di Young	202 Gpa
Coefficiente di Poisson	0,2
Resistenza a fatica	117,2 MPa
Punto di fusione	645°C

Tabella 20.3 Composizione lega di alluminio 7005:

Component Wt. %		Component Wt. %		Component Wt. %	
Al	91-94.7	Mg	1-1.8	Si	Max 0.35
Cr	0.06-0.2	Mn	0.2-0.7	Ti	0.01 -0.06
Cu	Max 0.1	Other, each	Max 0.05	Zn	4,00
Fe	Max 0.4	Other, each	Max 0.15	Zr	0.08-0.2

Tabella 20.4 Caratteristiche meccaniche e fisiche della lega di Alluminio:

Proprietà: fisiche, meccaniche e termiche dell'alluminio 7005	
Densità	2,78 g/cc
Carico di rottura	345 Mpa
Carico di snervamento	205 Mpa
Allungamento a rottura	20%
Modulo di Young	72 Gpa
Coefficiente di Poisson	0,33
Resistenza a fatica	-
Punto di fusione	604 643°C

## 20.2 Alluminio 7005

Caratteristiche ed usi del General 7005: caratteristiche eccellenti di lega, buona accettazione dei rivestimenti applicati, buona lavorabilità ed alta resistenza a corrosione.

Usi: Montaggi del velivolo, supporti dell'obiettivo di macchina fotografica, accoppiamenti, montaggi e fissaggi dei fanti di marina, montaggi e connettori elettrici, fissaggi decorativi o vari, perni di cerniera, parti del magnete, pistoni del freno, pistoni idraulici, montaggi degli apparecchi, valvole e parti della valvola. Dati forniti da *Alcoa*.

## 20.3 Titanio 3Al – 2,5V

Applicazioni: formabilità a freddo eccellente. Utilizzato soprattutto utilizzato nei circuiti idraulici di aviazione.

Tabella 20.5 Composizione lega di Titanio: 3Al – 2,5V

Component Wt. %	
Al	3
Ti	95
V	2.05

Tabella 20.6 Caratteristiche meccaniche e fisiche della lega di Titanio:

Proprietà: fisiche, meccaniche e termiche del titanio 3Al – 2,5V	
Densità	4,48 g/cc
Carico di rottura	620 Mpa
Carico di snervamento	500 Mpa
Allungamento a rottura	15%
Modulo di Young	100 Gpa
Coefficiente di Poisson	0,3
Resistenza a fatica	380 Mpa
Punto di fusione	1700°C

## 20.4 Dislivello

Data la particolare inclinazione della pista (come da normativa), si è simulato il comportamento della bicicletta durante il passaggio tra la parte orizzontale e quella inclinata del tracciato, assimilando il passaggio al superamento di un gradino.

Si è studiato il passaggio della bicicletta su un dislivello di 20 mm con l'ausilio del software MSC.VisualNastran, imponendo alla bicicletta una velocità di traslazione orizzontale, lungo il piano della pista, di 30 km/h.

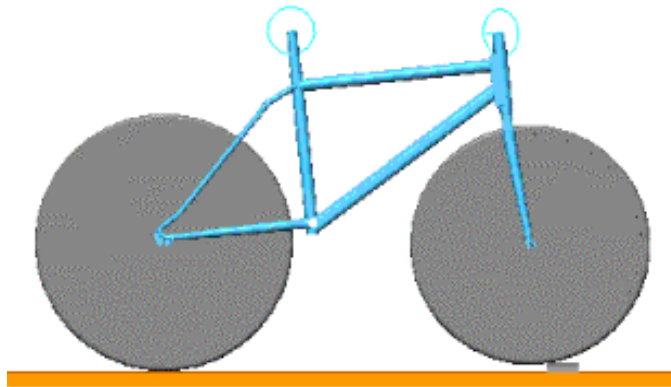


Figura 20.2 Superamento dislivello

Il peso del ciclista è stato simulato imponendo due forze applicate nei punti di attacco di sellino e manubrio. Avendo supposto un ciclista di circa 78 kg alla guida della bicicletta, si è ripartito tale peso tra sellino e manubrio rispettivamente in 500 e 300 N.

## 20.5 Caduta

Come seconda simulazione si è considerata la caduta della bicicletta (e del ciclista), al fine di determinare i punti maggiormente sollecitati.

La simulazione è stata realizzata mantenendo costante il peso del ciclista fin quando l'inclinazione della bicicletta rispetto alla pista non è stata approssimativamente di 45°; da questo momento in poi il ciclista non è più stato considerato solidale alla bicicletta.

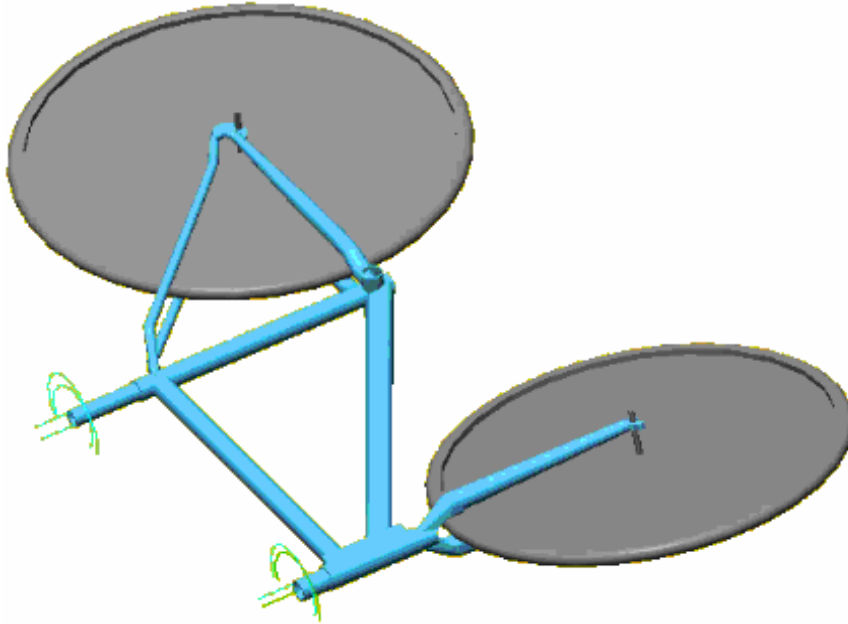


Figura 20.3 Bicicletta alla fine della caduta.

## 20.6 Impatto bicicletta-cartellone

Nel terzo ed ultimo caso della simulazione si è considerato un eventuale impatto della bicicletta contro i cartelloni pubblicitari presenti a bordo pista. Si è rappresentato il cartellone pubblicitario con un parallelepipedo di spessore 1500x20x700 mm e si è supposta una velocità di impatto di 30 km/h.

Al fine di rendere il più verosimile possibile l'impatto, si è considerato il cartellone pubblicitario semplicemente poggiato sul terreno, e quindi libero di muoversi in seguito all'urto.

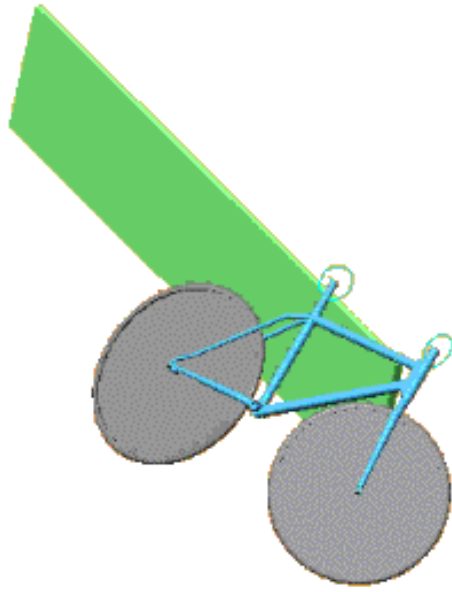
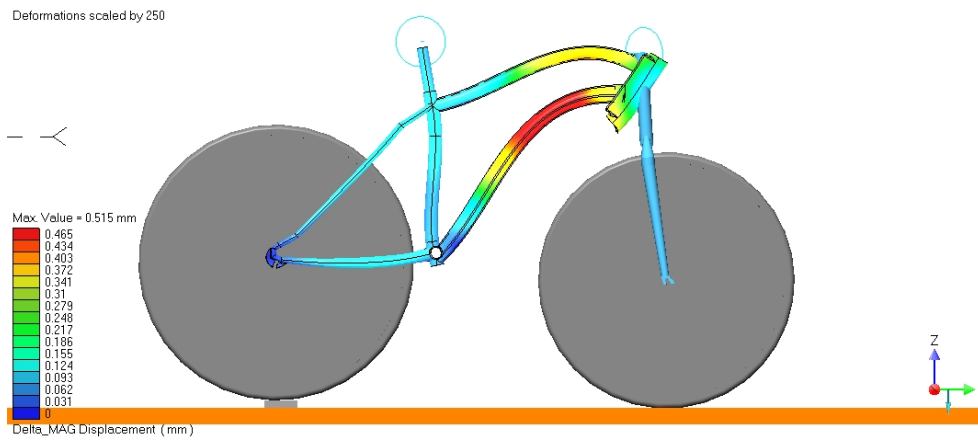


Figura 20.4 Impatto contro cartellone pubblicitario

## Capitolo 21



### Analisi del telaio della bicicletta

## **21.1 Impostazione dello studio dello stato tensionale del telaio**

Stabilite le azioni che interessano il telaio, avendone fissato preliminarmente la geometria, si passa alla verifica strutturale e da questa all'effettivo dimensionamento. Si valutano le tensioni massime nelle peggiori condizioni di esercizio, per le condizioni di sollecitazione esposte nel precedente capitolo.

In generale, imponendo un coefficiente di sicurezza, si esegue la verifica delle tensioni massime ammissibili.

Vista la notevole complessità geometrica del telaio, della distribuzione dei carichi su quest'ultimo, lo studio tensionale è eseguito con l'uso del metodo degli elementi finiti. Per far questo si è preferito il software MSC.VisualNastran, che consente l'analisi dinamica delle sollecitazioni. Grazie a questo tipo di analisi, l'effettivo sistema equilibrato di carichi agenti può essere applicato alla geometria prevista per il telaio.

Si possono fare in particolare due considerazioni: la prima riguarda la versatilità del software, che è in grado di eseguire l'analisi direttamente sul prototipo originale, senza semplificazioni sulla geometria, importando il file di disegno realizzato su di un modellatore solido CAD; la seconda riguarda la particolare asimmetria dei carichi agenti, che non consente di impiantare uno studio equivalente su una sola parte della struttura (sub-modello): il vantaggio sarebbe stato di un notevole risparmio dei tempi di elaborazione al pari di un'equivalente convergenza dei risultati.

## **21.2 Scelta del tipo di materiale**

La scelta del materiale costituente il telaio della bicicletta è eseguita pesando sostanzialmente numerosi fattori. Prescindendo dalle numerose considerazioni fatte da un'azienda in fase di progettazione, la cui politica commerciale potrebbe portare alla scelta di un materiale piuttosto che un altro, tra una vasta selezione di materiali idonei, per i motivi più svariati, non si può fare altro che individuare un materiale che abbia almeno le seguenti caratteristiche:

- Resistenza;



- Leggerezza;
- Lavorabilità;
- Saldabilità.

Per le considerazioni fatte, si è ritenuto che un buon compromesso alle necessità esposte, permette di limitare la scelta fra i seguenti materiali, dei quali si sono riportate le caratteristiche nel cap. 20:

- *Beralcast 363*
- *Alluminio 7005*
- *Titanio 3Al - 2.5V*

### **21.3 Simulazione o sperimentazione?**

Per definire quantitativamente le forze che sollecitano un telaio da bicicletta durante l'utilizzo del veicolo esistono vari metodi. Il migliore è sicuramente quello sperimentale; esso presuppone, ovviamente, l'esistenza di almeno un prototipo reale; può quindi servire per dare un riscontro ai valori ottenuti per via teorica, ma non può essere usato nei primi passi della progettazione.

Le forze agenti sul telaio, interne al sistema bicicletta, possono essere identificate per via teorica facendo una schematizzazione del mezzo e studiando l'equilibrio con le forze esterne. Questa schematizzazione presuppone però delle semplificazioni che, pur portando a risultati sicuramente vicini alla realtà, non garantiscono un'elevata accuratezza.

Un'altra via che si può seguire è quella della simulazione dinamica attraverso programmi di calcolo. In questa trattazione è stata sviluppata una simulazione del comportamento di una bicicletta da pista sulla base del codice VisualNastran. Tale codice permette la realizzazione di analisi dinamiche di sistemi meccanici complessi ed articolati.

### **21.4 Preparazione del modello**

Il modello usato per la simulazione è stato costruito basandosi sulle caratteristiche delle moderne biciclette da pista. La somiglianza

evidente del modello ad una bicicletta reale non ha un risvolto puramente grafico. Dando la giusta forma ai vari componenti, è possibile ricreare una distribuzione delle masse il più vicina possibile alla realtà. Le quote geometriche delle varie parti e le loro distanze relative sono state definite attraverso l'utilizzo di fotografie e disegni CAD di biciclette sportive realmente costruite. I punti considerati per una prima definizione della geometria del modello sono stati: il centro delle ruote, il centro del cannotto di sterzo, l'attacco del forcellone al telaio, il resto è stato definito di conseguenza, concentrando l'attenzione di volta in volta sulle singole parti.

### **21.5 Codice di calcolo**

Il software utilizzato è MSC.VisualNastran; lo schema che esso segue consiste in una serie di operazioni fondamentali:

1. *discretizzazione del continuo* tramite una serie di nodi connessi tra loro da elementi. I nodi sono le entità fondamentali della discretizzazione e sono alla base di tutte le interpretazioni del metodo degli elementi finiti. Le incognite del problema dell'equilibrio elastico che il codice è chiamato a risolvere sono infatti gli spostamenti dei nodi. I punti compresi tra i nodi fanno parte degli elementi ed i loro spostamenti vengono definiti attraverso delle funzioni di forma polinomiali caratteristiche del tipo di elemento. MSC.VisualNastran permette di utilizzare elementi monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali, ed ognuno di questi gruppi è caratterizzato da diverse varianti. La posizione spaziale dei nodi e la dichiarazione degli elementi avvengono tramite la compilazione di un file di input redatto in maniera opportuna.
2. *Formulazione della matrice di rigidezza*, associata ad ogni elemento in dipendenza della sua particolare natura geometrica e dal materiale costituente. Ogni elemento è definito tramite i nodi che collega, la geometria della sezione nel caso di un elemento monodimensionale o lo spessore nel caso di elemento bidimensionale e il materiale. I parametri caratteristici delle

funzioni di forma e quindi l'interazione tra i nodi sono così qualificati per il particolare elemento.

3. *Assemblaggio* delle matrici di rigidezza degli elementi nella matrice di rigidezza globale. In questo modo viene definita la rigidezza dell'intera struttura.
4. *Definizione del vettore dei carichi*. Sono identificati le forze, i movimenti, le pressioni, le forze di massa ed i nodi in cui agiscono.
5. *Definizione delle condizioni di vincolo*. Sono identificati i nodi per i quali sono stati soppressi tutti o parte dei gradi di libertà.
6. *Soluzione* dell'equazione  $\{F\} = [K] \cdot \{u\}$  nell'incognita  $\{u\}$  vettore degli spostamenti nodali.  $\{F\}$  rappresenta il vettore delle forze applicate e  $[K]$  è la matrice di rigidezza globale. L'equazione viene risolta compiendo l'eliminazione di Gauss e non tramite l'inversione della matrice  $[K]$ .
7. *Calcolo* delle forze, tensione e deformazioni per gli elementi. Una volta noti gli spostamenti nodali, si possono calcolare, tramite le funzioni di forma, gli spostamenti di tutti i punti appartenenti all'elemento e di conseguenza le deformazioni e le tensioni che ne derivano. Il file dati nel quale vengono definiti i parametri caratteristici del tipo di analisi (statica, dinamica, lineare, non lineare, instabilità, termica), i carichi, i vincoli, il materiale, i nodi e gli elementi non deve essere necessariamente compilato dall'utente ma possono essere scelti tra quelli presenti in libreria.

## 21.6 Preparazione della mesh

Il controllo della mesh permette agli utenti di modificarla, realizzando una distribuzione non uniforme della stessa. Questa modifica può essere realizzata nelle zone di interesse per aumentare la precisione dei risultati vicino alle zone di maggiore interesse per l'utente. Si può notare (fig. 21.1) che la mesh generata è uniforme su tutto il telaio; la struttura è stata discretizzata tramite elementi bidimensionali di forma triangolare.

## 21.8 Analisi agli elementi finiti

Nelle figure che seguono sono riportati i risultati dell'analisi agli elementi finiti. MSC.VisualNastran consente l'uso di elementi a *Bric triangolari* (in effetti elementi discretizzanti rettangolari danno risultati più rapidamente convergenti di quelli triangolari). Viene eseguita un'analisi complessiva del telaio, dovendo così superare le difficoltà che si incontrano analizzando un sub-modello.

Inserite le condizioni di carico e vincolo ed eseguendo la mesh automatica, si ottiene un'accettabile discretizzazione composta di 55233 nodi in 28055 elementi, mostrata in Fig. 21.1. Essa, anche se visivamente poco indicativa, è utile tuttavia per dare un'idea della mole di calcolo effettuata dal calcolatore.



Figura 21.1 Discretizzazione del telaio in elementi triangolari.

Ottenuta la soluzione, si può osservare l'andamento dello stato tensionale (tensioni equivalenti secondo Von Mises) relativo a ciascun caso considerato (dislivello, caduta, impatto bicicletta – cartellone pubblicitario).

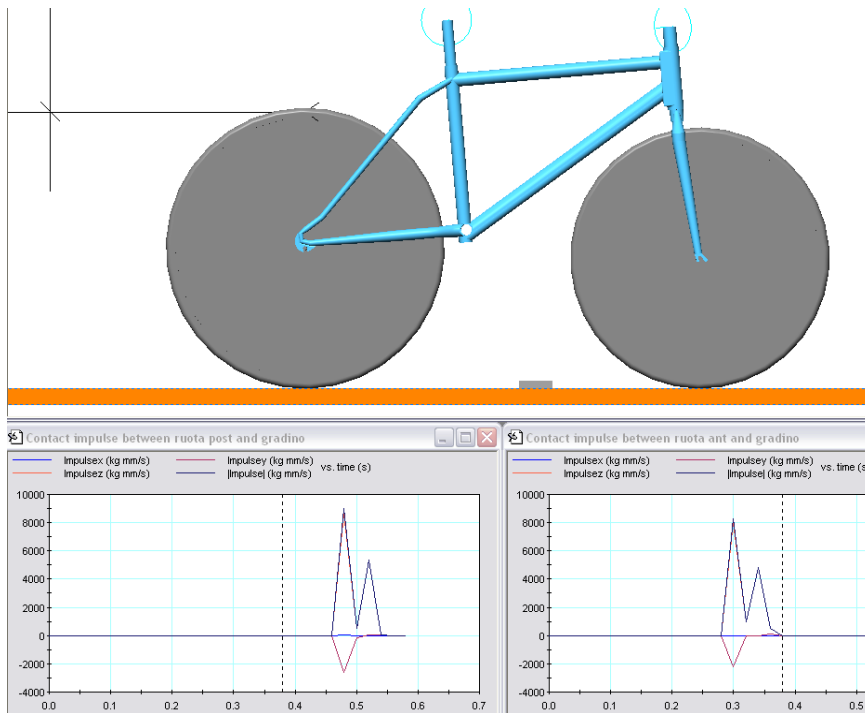


Figura 21.2 Forze impulsive sulle ruote durante il loro passaggio sul dislivello (telaio in Beralcast).

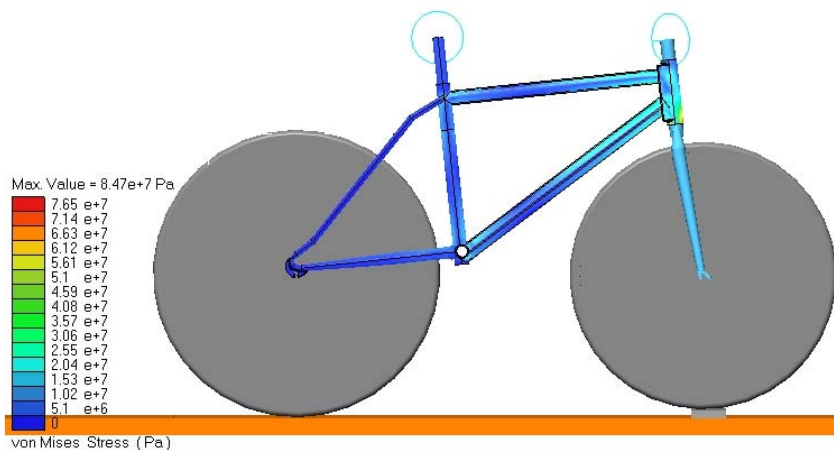


Figura 21.3 Il picco di tensione è pari a 84.7 MPa, localizzato nella parte inferiore del cannotto di sterzo (ruota anteriore, telaio in Beralcast)

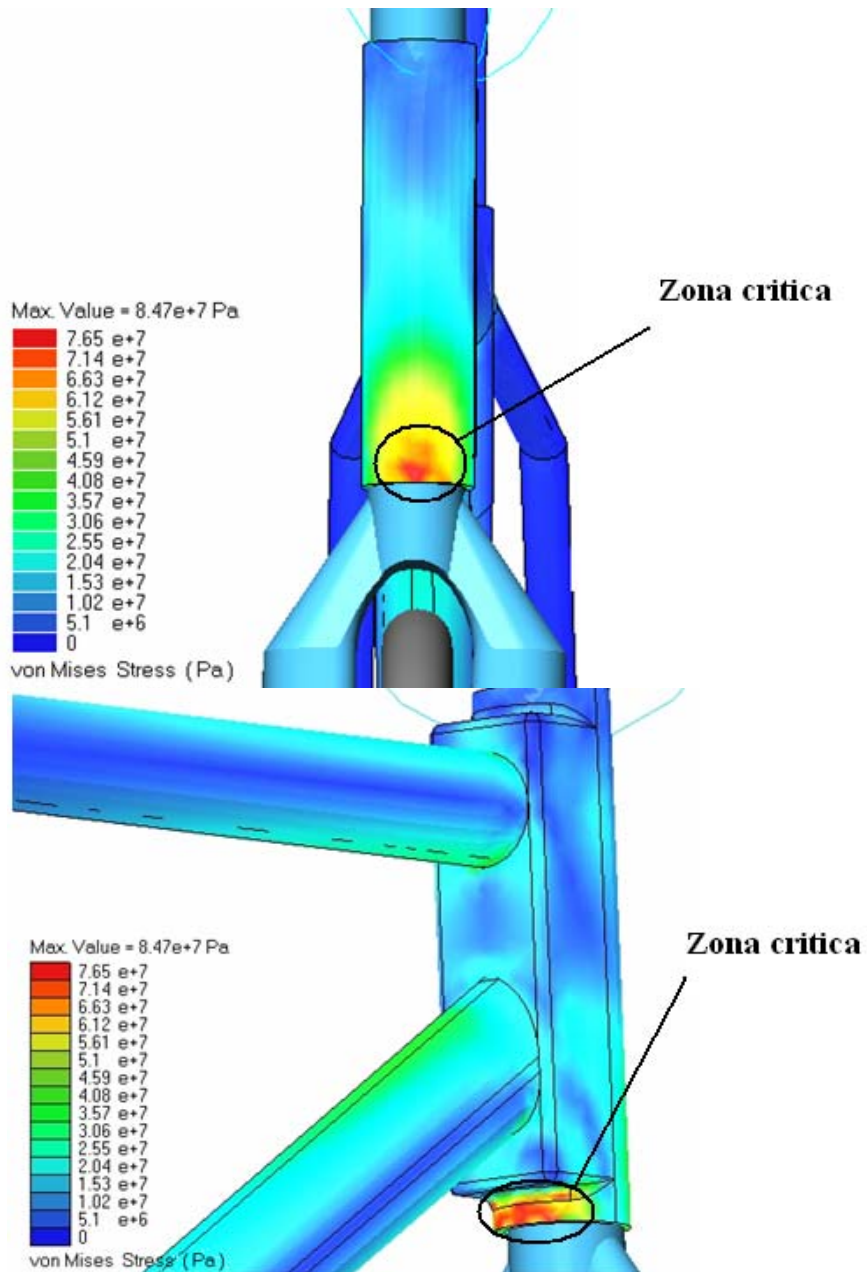


Figura 21.4 Due ingrandimenti delle zone interessate dal picco di tensione in fig. 21.3 (ruota anteriore, telaio in Beralcast).

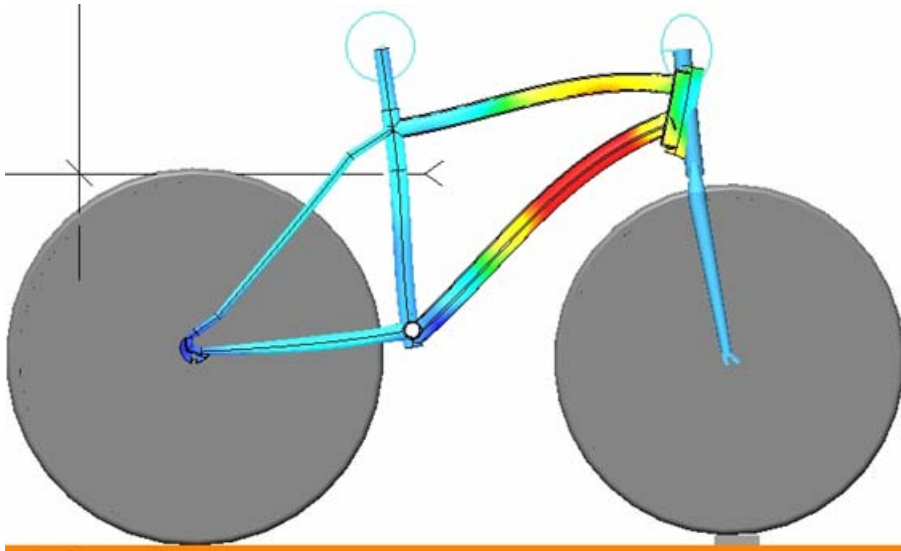


Figura 21.5 Deformata del telaio in Beralcast amplificata 250 volte nel superamento del gradino con la ruota anteriore.

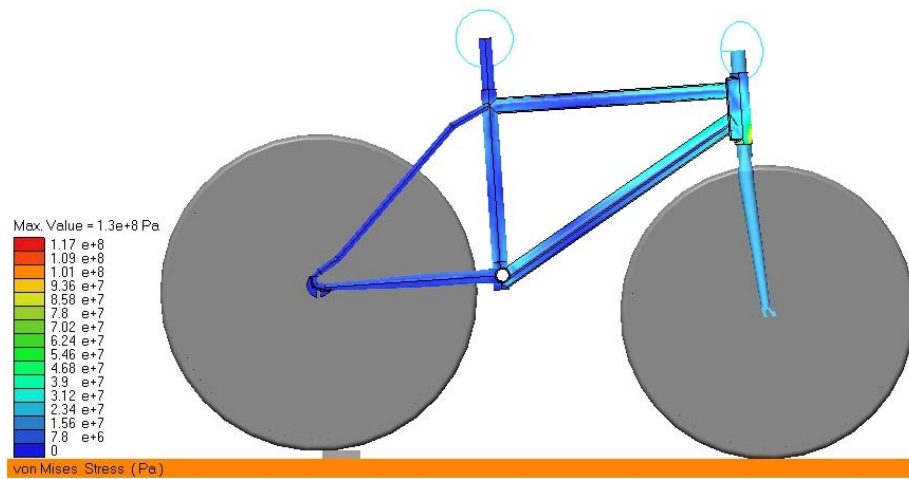


Figura 21.6 Il picco di tensione è pari a 130 MPa, localizzato nella parte inferiore del canotto di sterzo (superamento del gradino con la ruota posteriore, telaio in Beralcast).

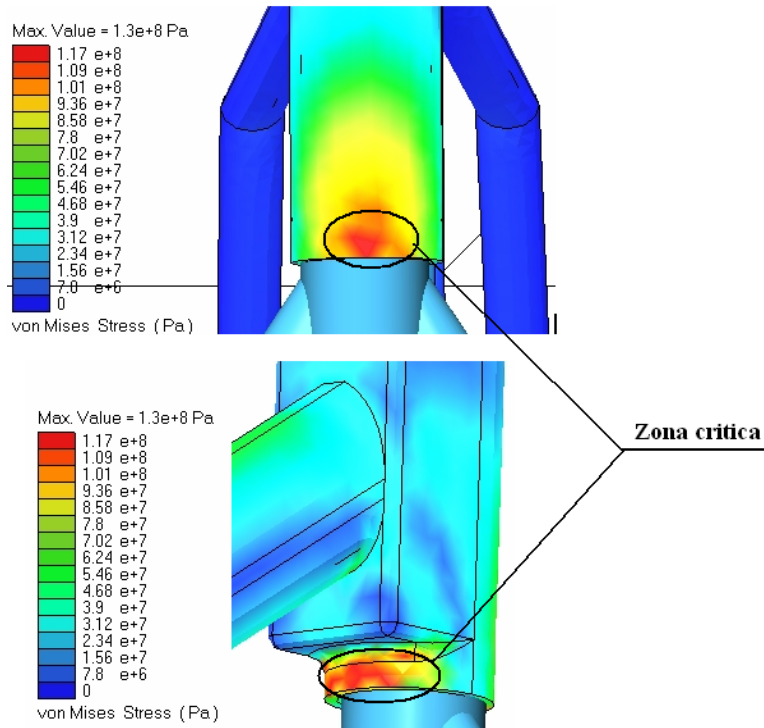


Figura 21.7 Due ingrandimenti della zona interessata dal picco di tensione in fig. 21.6 (superamento del gradino con la ruota posteriore, telaio in Beralcast 363).

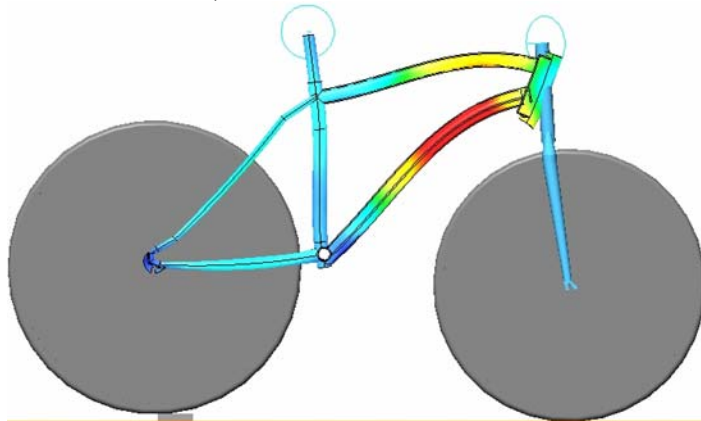


Figura 21.8 Deformata del telaio in Beralcast amplificata 250 volte (superamento del gradino con la ruota posteriore).



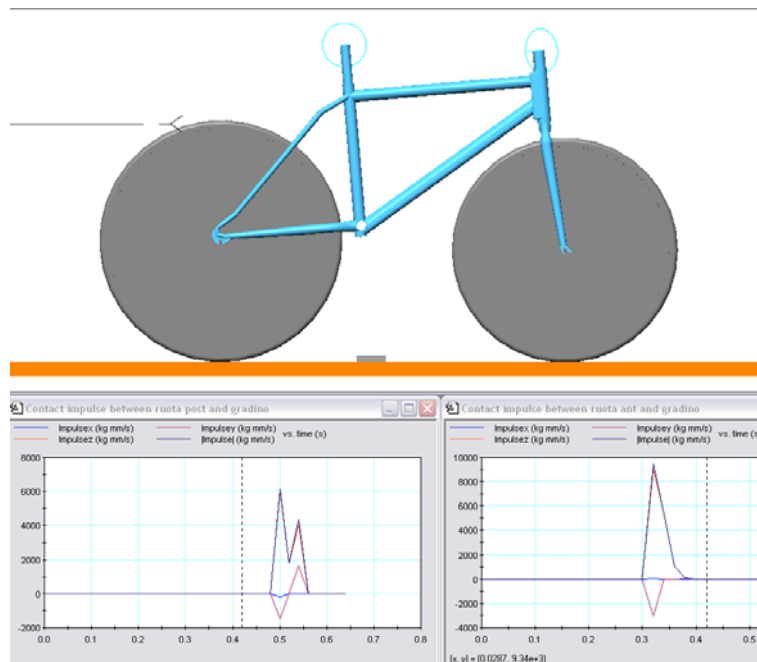


Figura 21.9 Andamento delle forze impulsive agenti sulle ruote durante il loro passaggio sul dislivello (alluminio 7005).

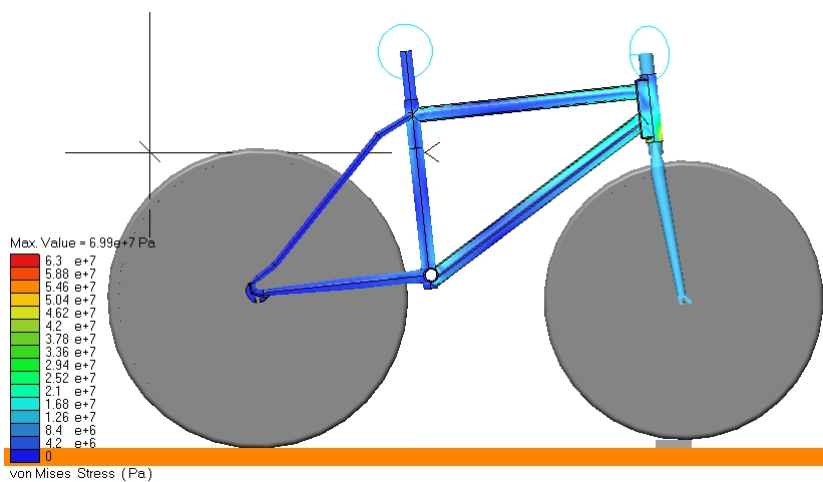


Figura 21.10 Il picco di tensione è pari a 69.9 MPa, localizzato nella parte inferiore del canotto di sterzo (ruota ant., alluminio 7005).

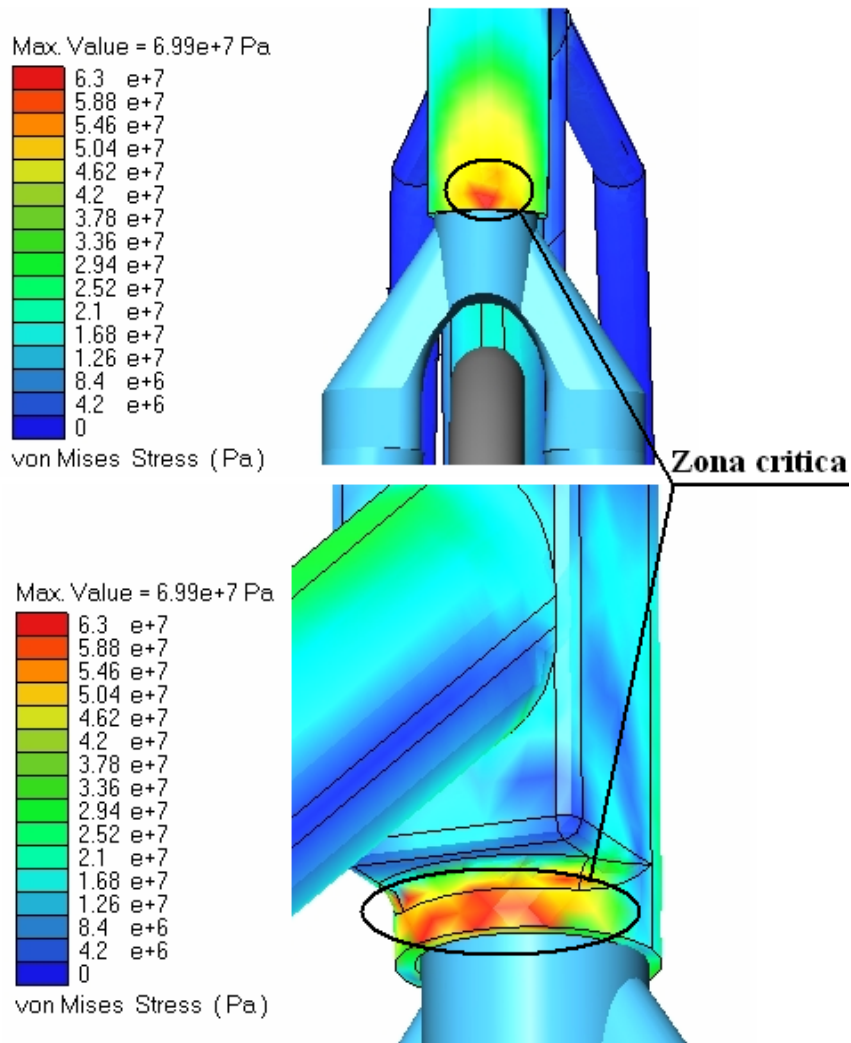


Figura 21.11 Due immagini ingrandite delle zone interessate dal picco di tensione (ruota anteriore, alluminio 7005).

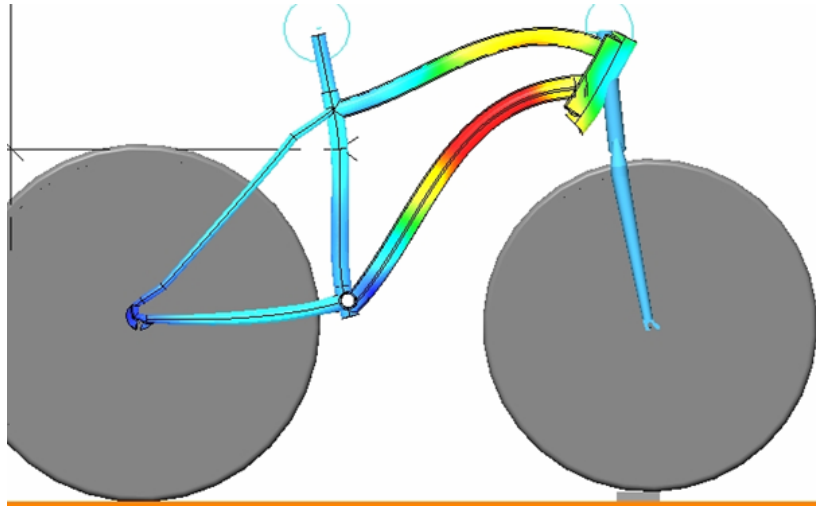


Figura 21.12 Deformata del telaio in alluminio 7005 amplificata 250 volte (ruota anteriore)

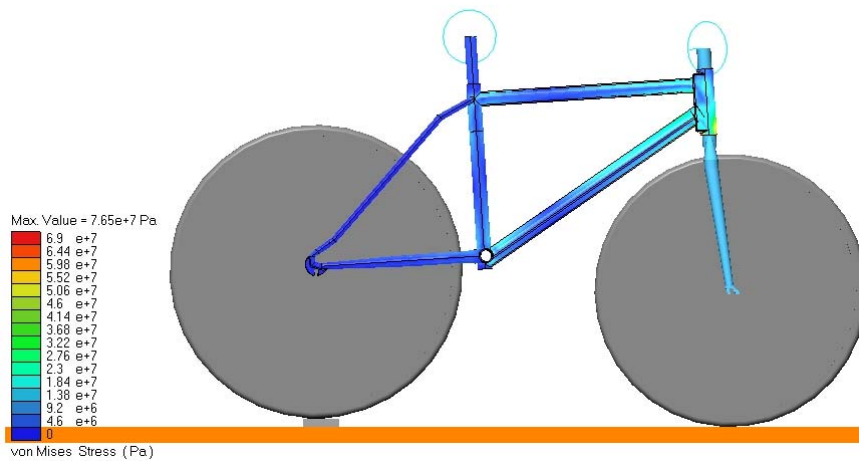


Figura 21.13 Il picco di tensione è pari a 76.5 MPa, localizzato nella parte inferiore del cannotto di sterzo (ruota posteriore, alluminio 7005).

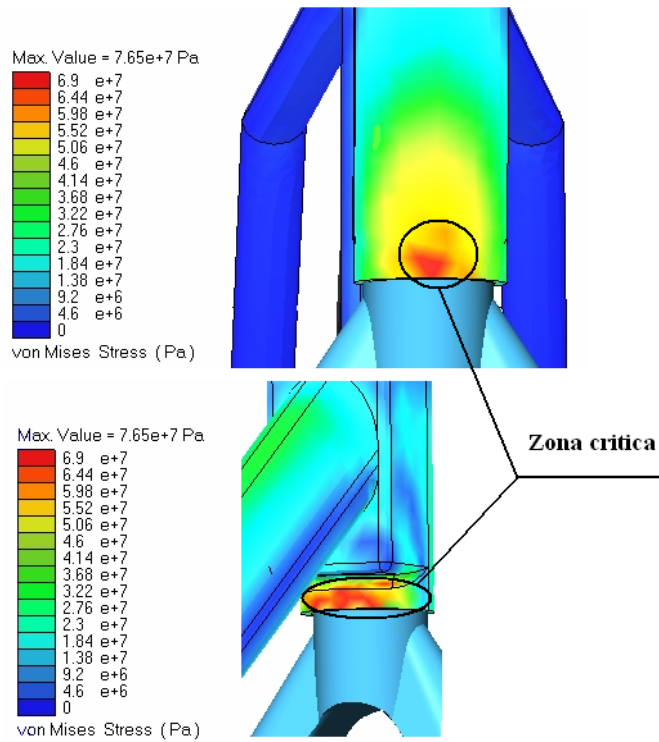


Figura 21.14 Due immagini ingrandite della zona interessata dal picco di tensione (ruota posteriore, alluminio 7005).

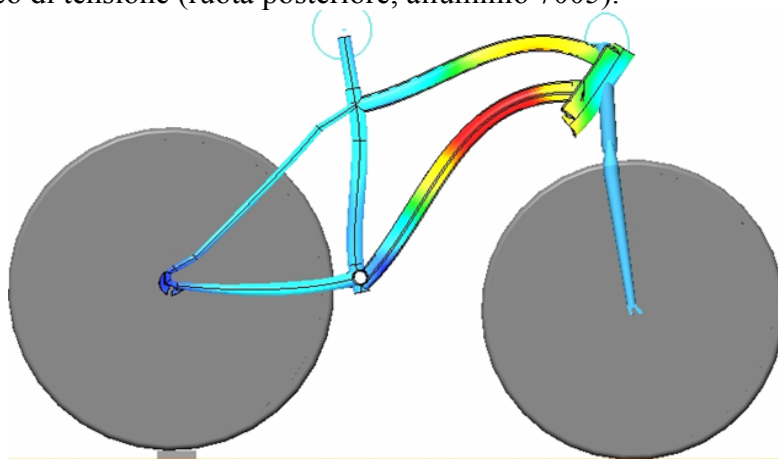


Figura 21.15 Deformata del telaio in alluminio 7005 amplificata 250 volte (superamento del gradino con la ruota posteriore)

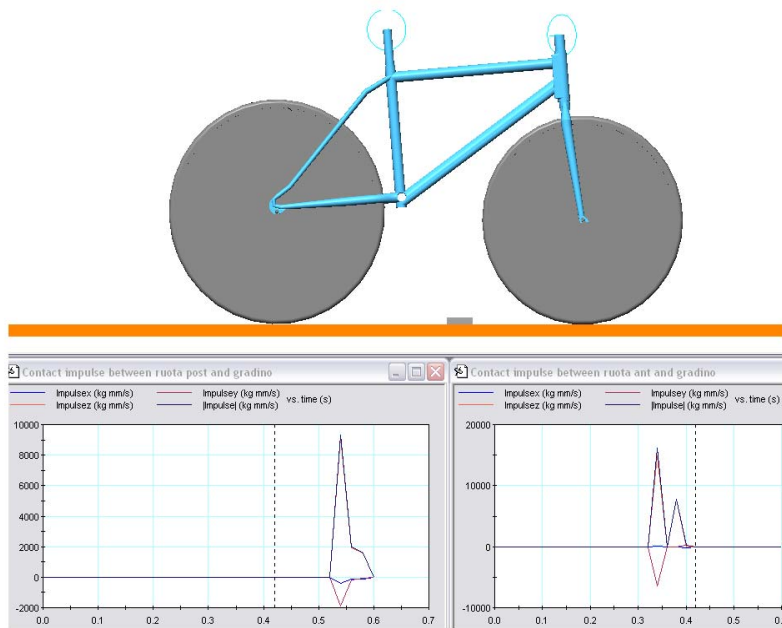


Figura 21.15 Andamento delle forze impulsive che interessano le ruote durante il passaggio sul dislivello sterzo (ruota anteriore, Titanio 3Al-2,5V).

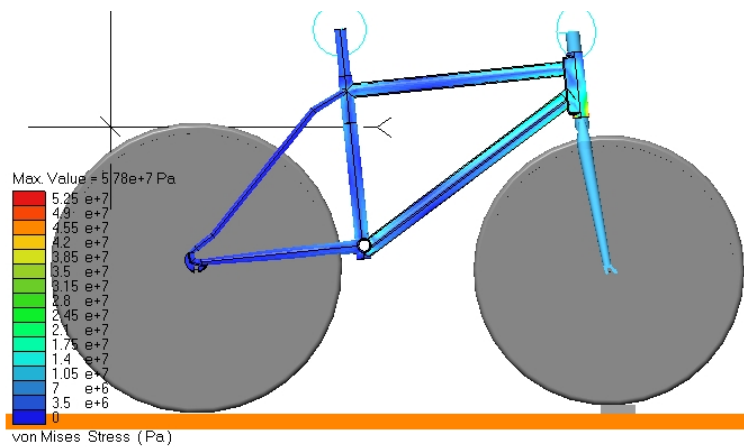


Figura 21.16 Il picco di tensione è pari a 57.8 MPa, localizzato nella parte inferiore del cannotto di sterzo (superamento del gradino con la ruota anteriore, Titanio 3Al-2,5V).

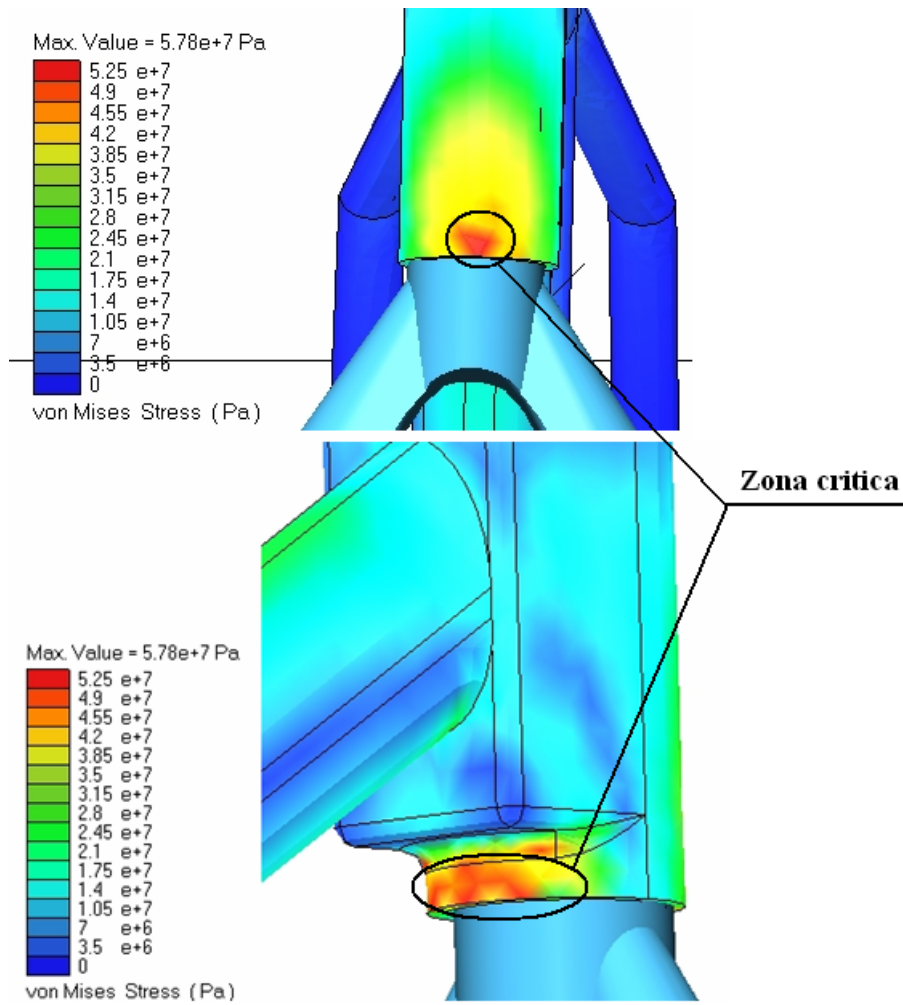


Figura 21.17 Due immagini ingrandite della zona interessata dal picco di tensione in fig. 21.16 (superamento del gradino con la ruota anteriore, Titanio 3Al – 2,5V).

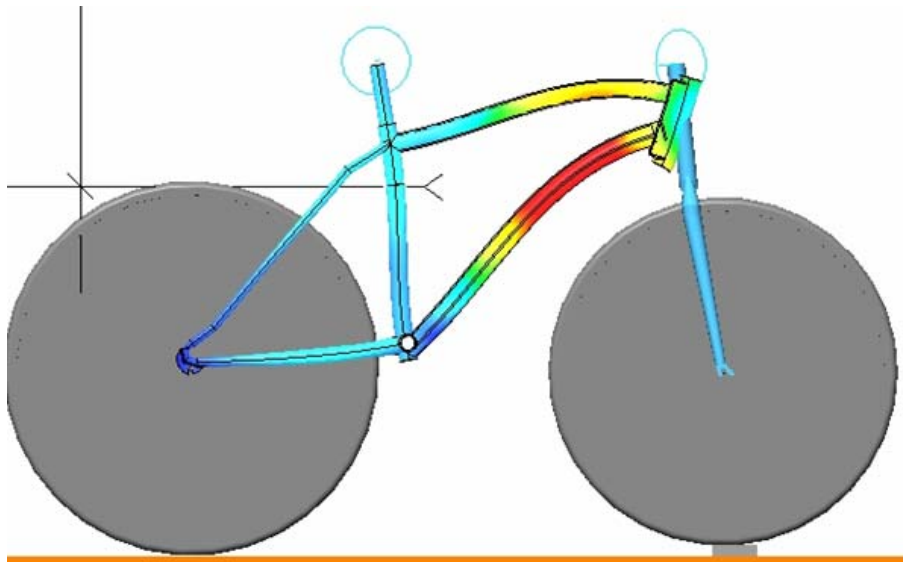


Figura 21.18 Deformata del telaio in Titanio 3Al – 2,5V amplificata 250 volte (ruota anteriore)

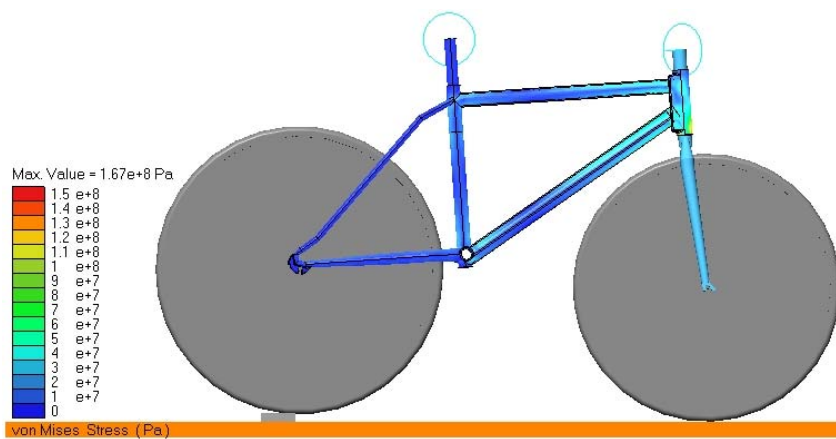


Figura 21.19 Il picco di tensione è pari a 167 MPa, localizzato nella parte inferiore del canotto di sterzo (ruota posteriore, Titanio 3Al-2,5V).

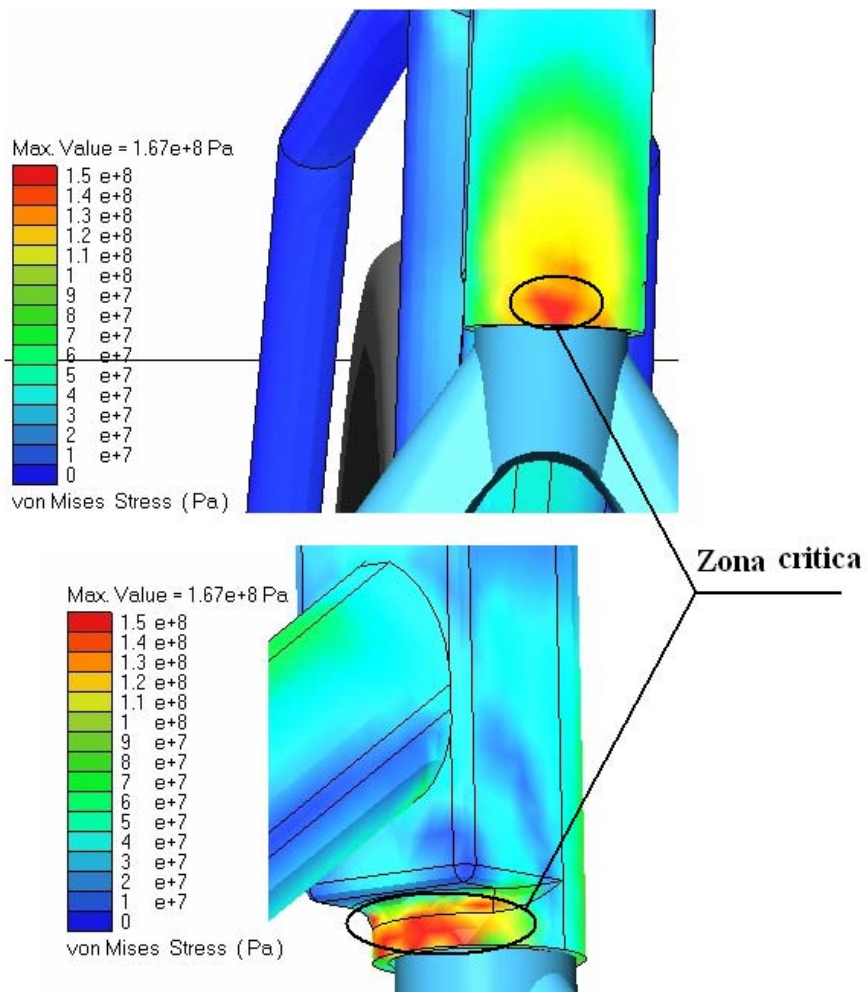


Figura 21.20 Due immagini ingrandite delle zone maggiormente sollecitate in fig. 21.19 (superamento del gradino con la ruota posteriore, Titanio 3Al-2,5V).

Nei paragrafi successivi è mostrato come queste azioni producano tensioni e deformazioni nel telaio, e quali siano le differenze di comportamento per i tre materiali selezionati.



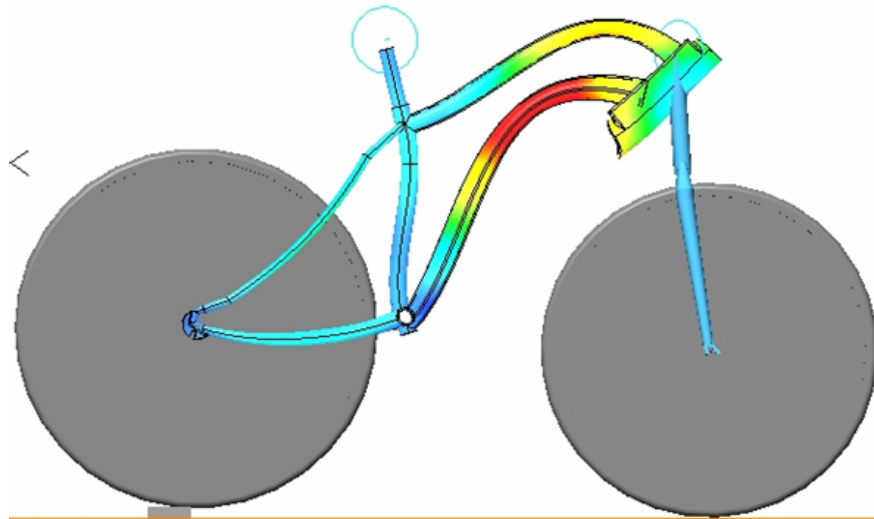


Figura 21.21 Deformate del telaio in titanio 3Al-2,5V amplificata 250 volte (ruota posteriore)

### 21.9 Superamento del dislivello

L'analisi delle sollecitazioni e le conseguenti tensioni sono state calcolate per il superamento di un gradino di 20 mm alla velocità di 20 km/h, prima con la ruota anteriore e poi con quella posteriore, per ognuno dei tre telai ai quali è stato assegnato uno spessore di 3 mm. Il comportamento dinamico della struttura è diverso per i tre telai con diverso materiale, poiché cambiando la massa cambiano direzione e intensità delle forze di inerzia. Le fig. 21.2, 21.9 e 21.15 mostrano le forze impulsive sia sulla ruota anteriore sia su quella posteriore, per ognuno dei tre materiali rispettivamente.

- Le fig. 21.3 e 21.4 danno le tensioni di Von Mises nel telaio in Beralcast 363 per il superamento del dislivello con la ruota anteriore, e la 21.5 la conseguente deformata; le fig. 21.6 e 21.7 danno le analoghe tensioni per il superamento del gradino con la ruota posteriore e la 21.8 la deformata.

- Analogamente le fig. da 21.10 a 21.15 per il telaio in Alluminio 7005
- Analogamente le fig. da 21.16 a 21.21 per il telaio in Titanio 3Al-2,5V.

### 21.9.1 Conclusioni sulle sollecitazioni indotte dal dislivello

La tabella 21.1 riassume i risultati ottenuti nel caso di sollecitazione indotta dal superamento di un gradino di 20 mm, alla velocità di 20 km/h con telaio nei tre differenti materiali aventi spessore 3 mm.

Tabella 21.1 Riepilogo valori ottenuti per dislivello per i tre materiali.

	<b>Materiali</b>		
	Beralcast 363	Alluminio 7005	Titanio 3Al-2.5V
<b>Peso telaio (Kg)</b>	2,18	2,81	4,52
<b>Ruota ant.</b>			
Forza impulsiva (kg*mm/s)	8000	9000	15000
Tensione massima (MPa)	84,7	69,9	57,8
Coeff. Sicurezza	2,52	2,93	8,66
Deformazione max (mm)	0,206	0,483	0,291
<b>Ruota post.</b>			
Forza impulsiva (kg*mm/s)	9000	6000	9000
Tensione massima (MPa)	130	76,5	167
Coeff. Sicurezza	1,64	2,68	3
Deformazione max (mm)	0,304	0,515	0,787

Dal confronto dei dati sopra riportati si può affermare che il superamento del dislivello mostra:

- un differente comportamento del telaio Beralcast nei due casi; in particolare lo stato tensionale è più gravoso nel caso di passaggio della ruota posteriore, mentre per quanto concerne la deformazione lo scostamento dei valori risulta essere poco significativo.

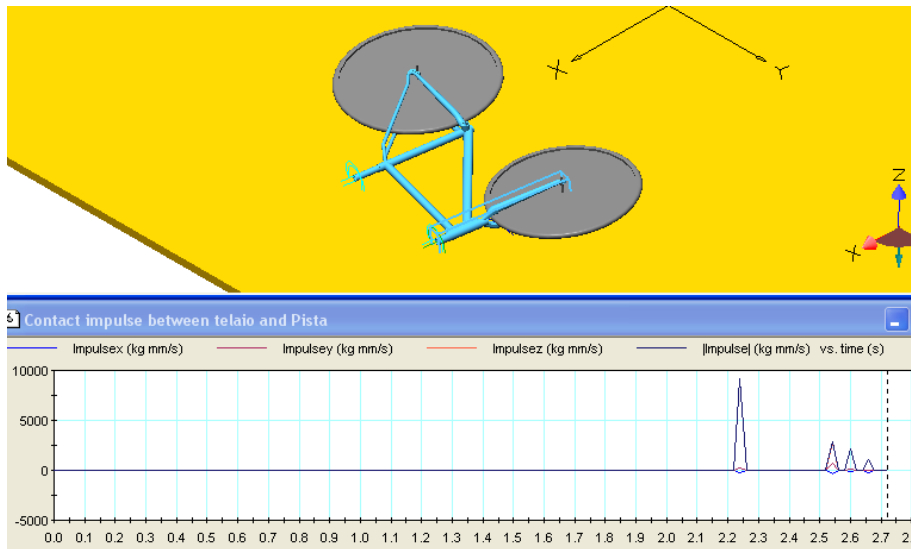


Figura 21.22 Andamento qualitativo delle forze impulsive agenti sul telaio durante la caduta sulla pista (Beralcast 363).

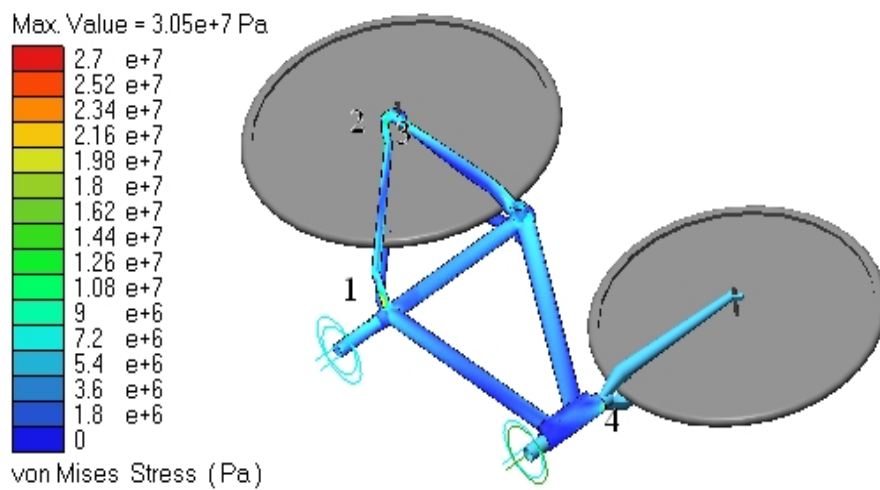


Figura 21.23 Schema indicante i quattro punti più sollecitati durante la caduta sulla pista (telaio in Beralcast).

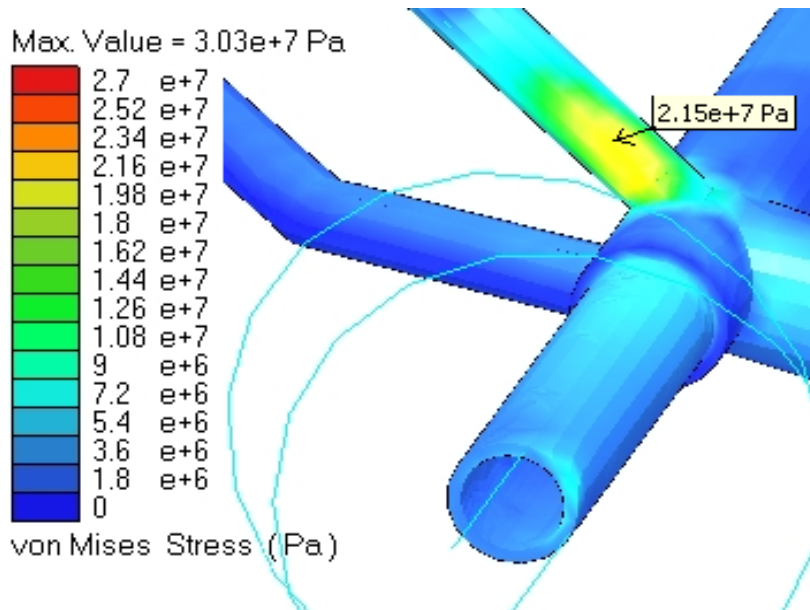


Figura 21.24 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 1 in fig. 21.23.

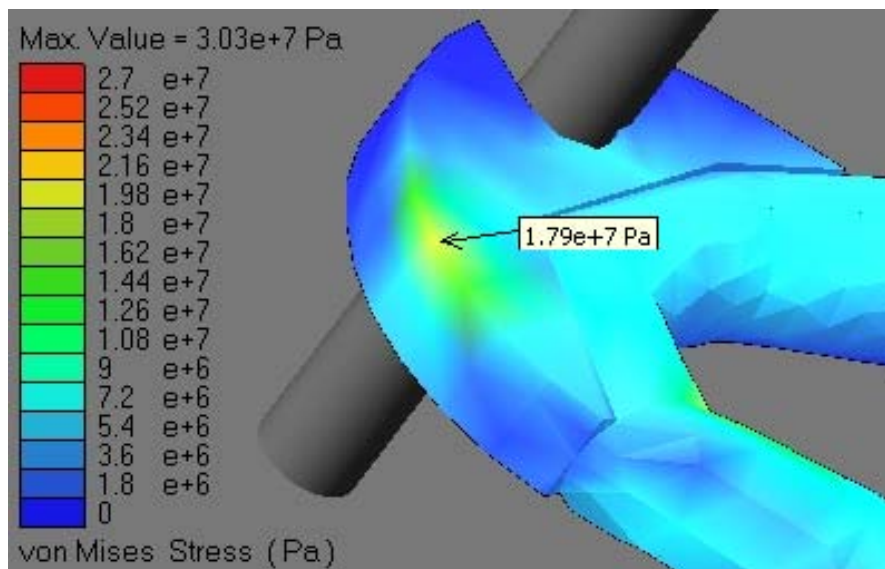


Figura 21.25 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 2 nella fig. 21.23.

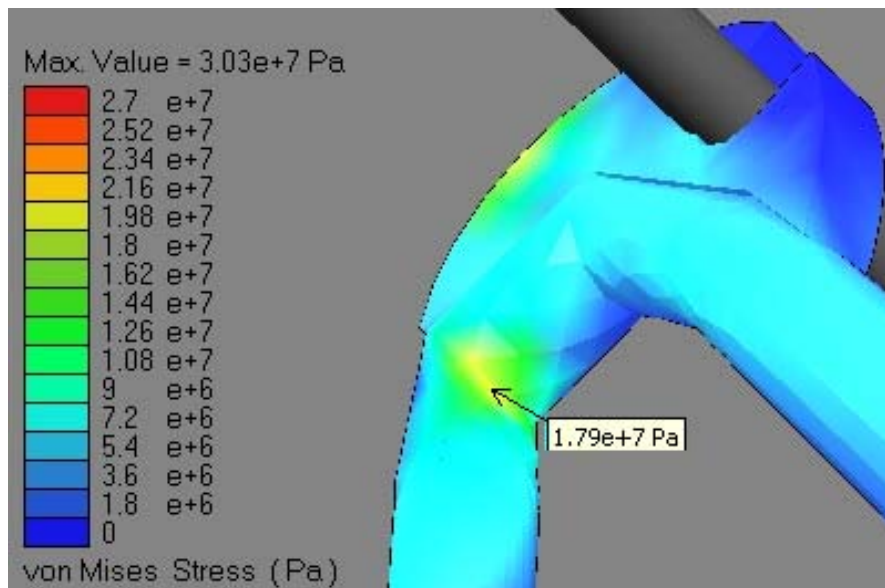


Figura 21.26 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 3 nella fig. 21.23.

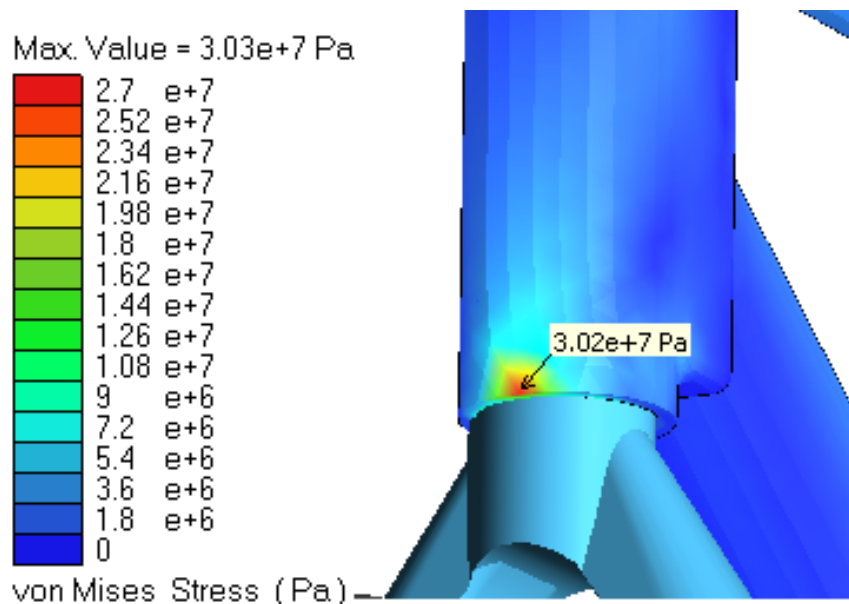


Figura 21.27 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 4 nella fig. 21.23

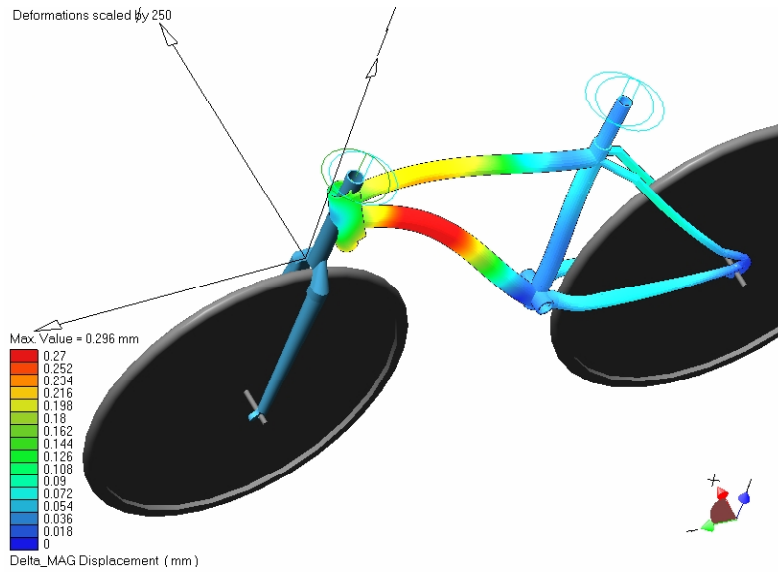


Figura 21.28 Deformata del telaio in Beralcast amplificata 250 volte (caduta sulla pista).

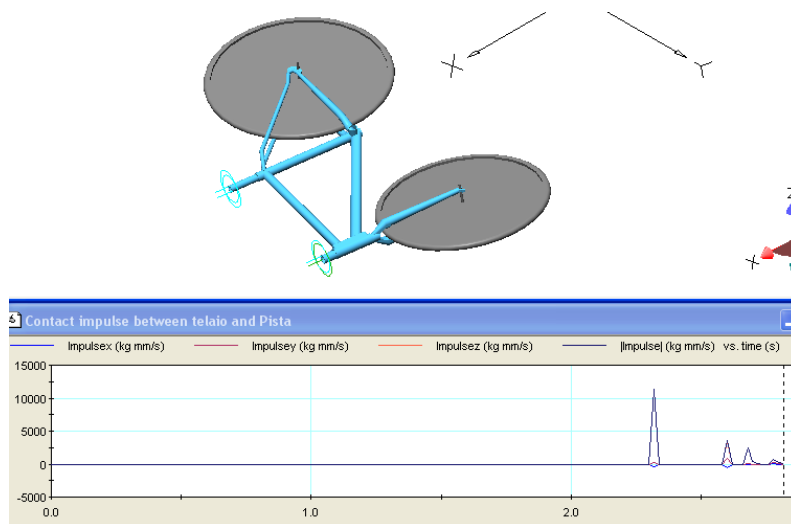


Figura 21.29 Andamento delle forze impulsive agenti sul telaio durante la caduta sulla pista (Alluminio 7005)

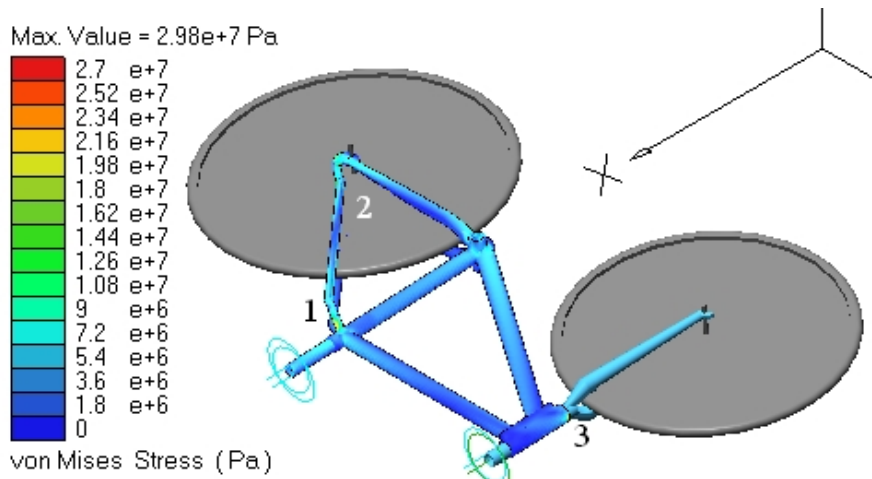


Figura 21.30 Schema indicante i tre punti più sollecitati (caduta sulla pista, Alluminio 7005)

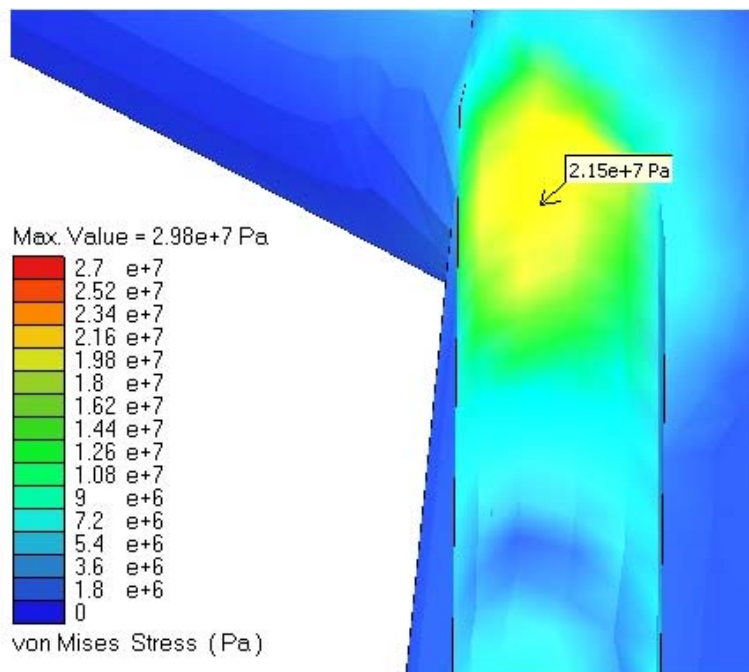


Figura 21.31 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 1 di fig. 21.30 (caduta sulla pista, telaio in Alluminio 7005).

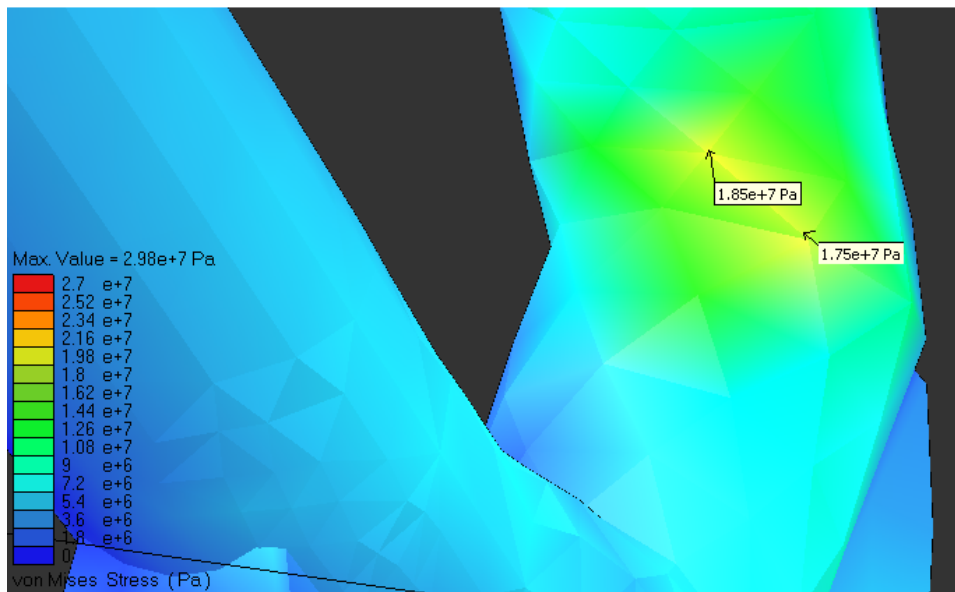


Figura 21.32 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 2 di fig. 21.30(caduta sulla pista, telaio in Alluminio 7005).

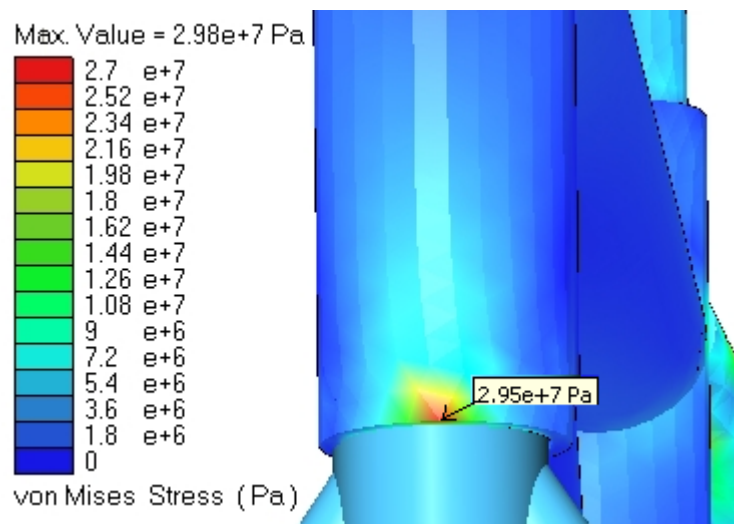


Figura 21.33 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 3 di fig. 21.30 (caduta sulla pista, telaio in Alluminio 7005).



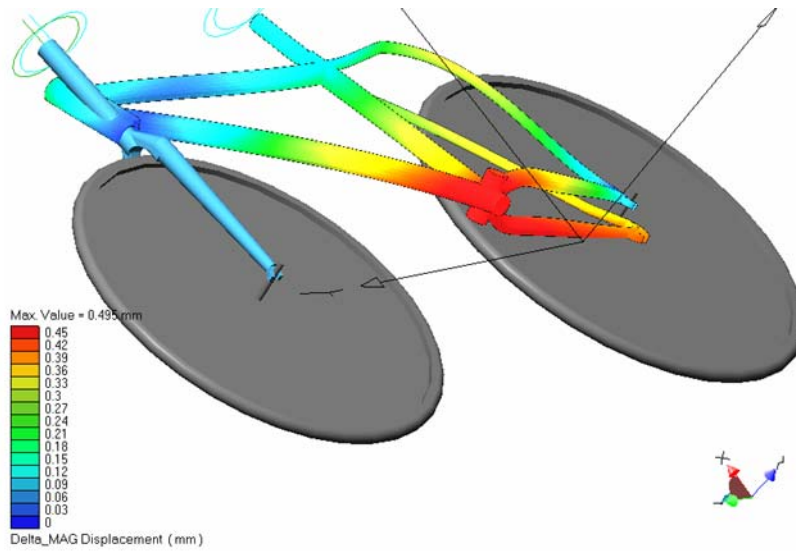


Figura 21.34 Deformata del telaio in Alluminio 7005 amplificata 250 volte (caduta sulla pista).

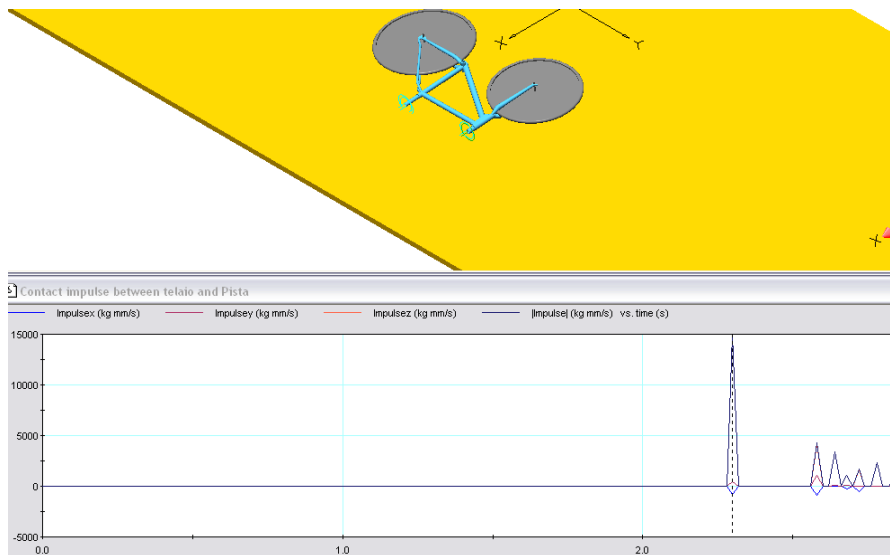


Figura 21.35 Andamento qualitativo delle forze impulsive agenti sul telaio durante la caduta sulla pista (Titanio 3Al-2,5V).

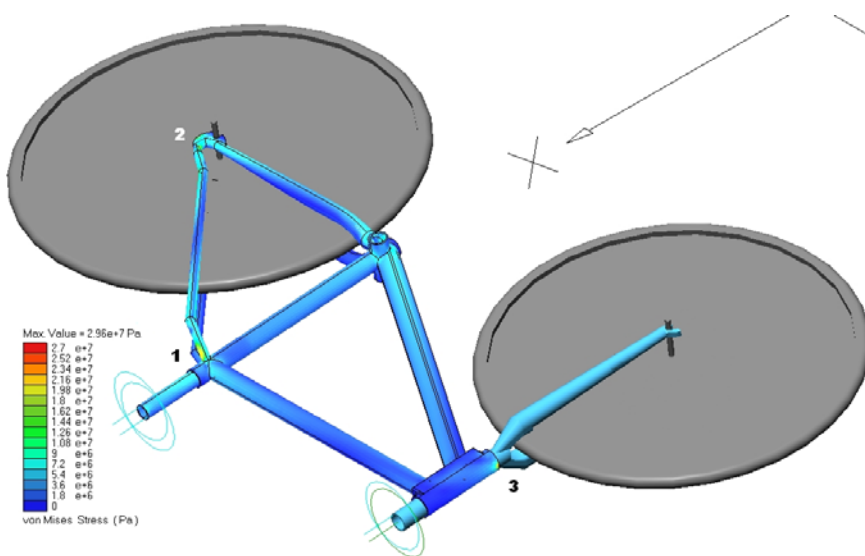


Figura 21.36 Schema indicante i tre punti più sollecitati dalla caduta sulla pista (Titanio 3Al-2,5V).

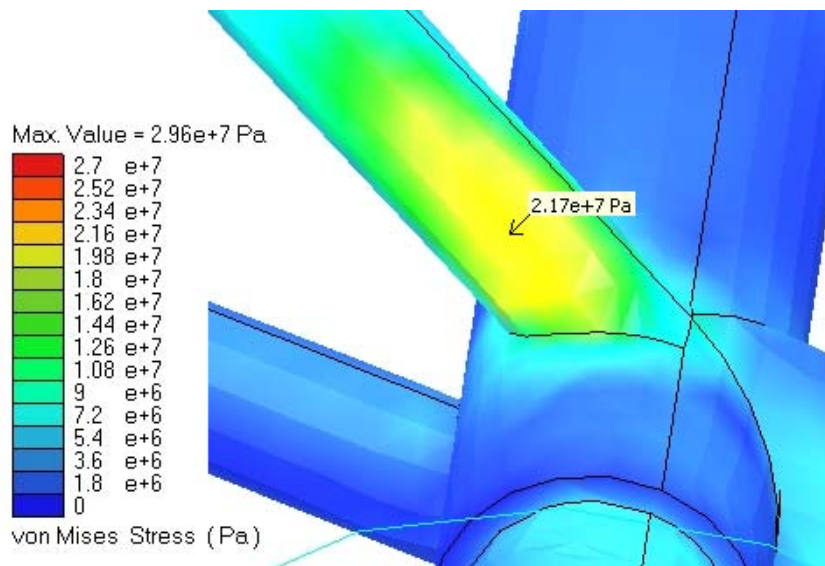


Figura 21.37 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 1 in fig. 21.36 (caduta sulla pista, Titanio 3Al-2,5V).

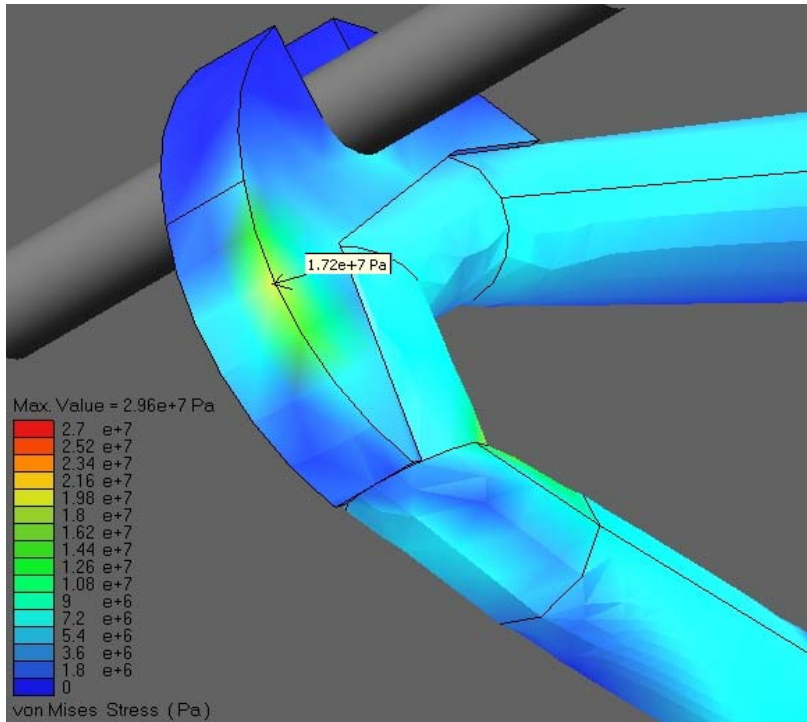


Figura 21.38 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 2 in fig. 21.36 (caduta sulla pista, Titanio 3Al-2,5V).

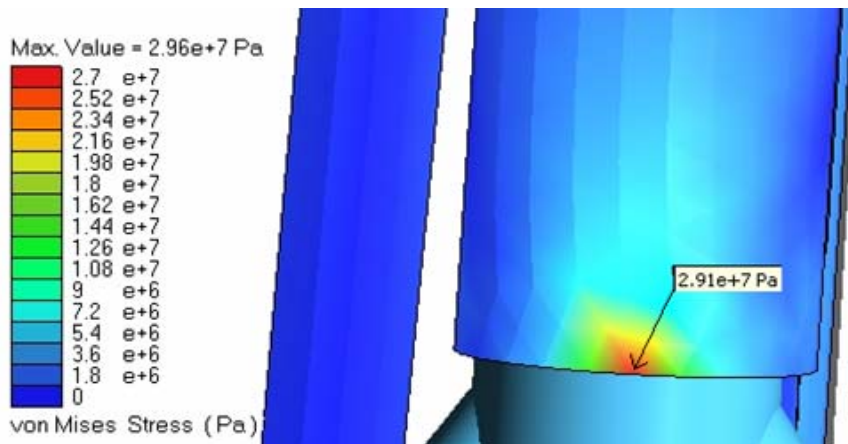


Figura 21.39 Ingrandimento della zona contrassegnata con il numero 3 in fig. 21.36 (caduta sulla pista, Titanio 3Al-2,5V).

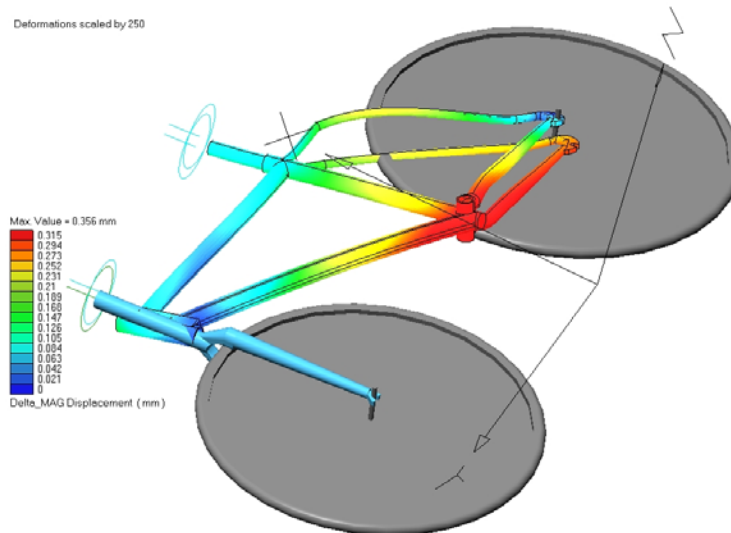


Figura 21.40 Deformata del telaio in Titanio 3Al-2,5V amplificata 250 volte (caduta sulla pista).

- una differenza di comportamento del telaio in Alluminio 7005 poco significativa, sia per quanto concerne le tensioni, sia per le deformazione e quindi per la resistenza (a rottura) del telaio stesso.
- un differente comportamento del telaio in Titanio 3Al-2,5V, sia per quanto concerne le tensioni, sia per le deformazione e quindi per la resistenza (a rottura) del telaio stesso.

Si può affermare che il materiale che dà migliori risultati è l'Alluminio 7005. Infatti, osservando i valori relativi a peso, coefficiente di sicurezza e deformazione, ci si rende subito conto come questo materiale sia quello che risponde meglio alle sollecitazioni.

### 21.10 Caduta

Anche in questo caso sono state determinate le sollecitazioni sul telaio costruito con i tre materiali selezionati.

Le fig. 21.22, 21.29 e 21.35 mostrano le sollecitazioni impulsive a seguito della caduta.

Le fig. da 21.23 a 21.27 mostrano le tensioni nelle zone più sollecitate e la fig. 21.28 la deformata del telaio costruito in Beralcast 363. Analogamente le fig. da 21.30 a 21.33 mostrano le tensioni e la fig. 21.34 la deformata per l'Alluminio 7005.

Le fig. da 21.36 a 21.39 mostrano le tensioni e la fig. 21.40 la deformata per il telaio costruito in Titanio 3Al-2,5V.

#### 21.10.1 Conclusioni sulle sollecitazioni indotte dalla caduta

La tabella 21.2 riassume i risultati ottenuti per i telai costruiti con i tre materiali selezionati. I telai hanno spessore 3 mm.

Tabella 21.2 Riepilogo valori risultanti dalle prove di caduta con i tre materiali.

	<b>Materiali</b>		
	Beralcast 363	Alluminio 7005	Titanio 3Al-2.5V
<b>Peso telaio (Kg)</b>	2,18	2,81	4,52
Forza impulsiva (kg*mm/s)	10000	12000	15000
Tensione massima (MPa)	30,5	29,8	29,6
Coeff. Sicurezza	7,05	6,88	16,9
Deformazione max (mm)	0,296	0,495	0,356

Si può affermare che il materiale che presenta un comportamento migliore è il Beralcast 363. Infatti, osservando i valori relativi a peso, coefficiente di sicurezza e deformazione, ci si rende subito conto che questo materiale è quello che risponde meglio alle sollecitazioni di questa seconda prova.

#### 21.11 Impatto con cartellone pubblicitario

In questo terzo caso, a differenza degli altri due, si è considerato l'impatto tra le ruote ed il cartellone pubblicitario anziché tra quest'ultimo ed il telaio.

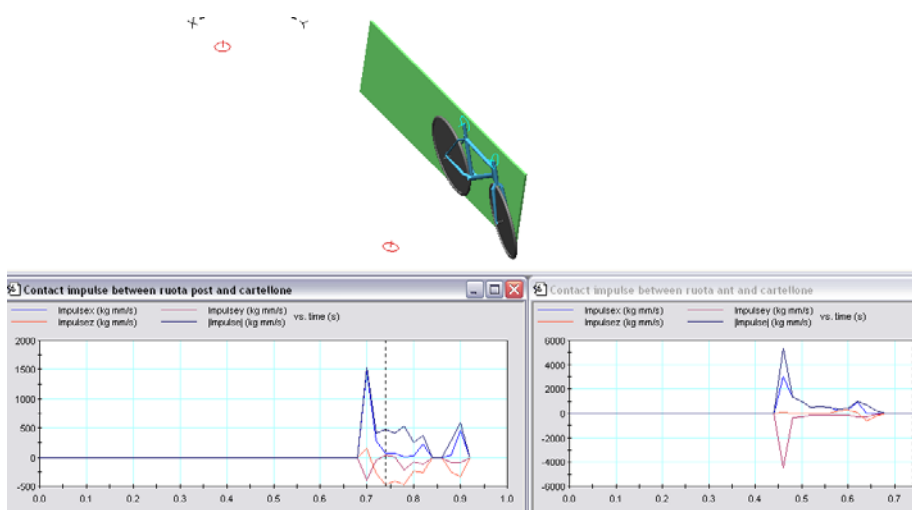


Figura 21.41 Andamento qualitativo delle forze impulsive agenti sulle ruote nel loro impatto con il cartellone pubblicitario a bordo pista (telaio in Beralcast 363,  $v=20$  km/h).

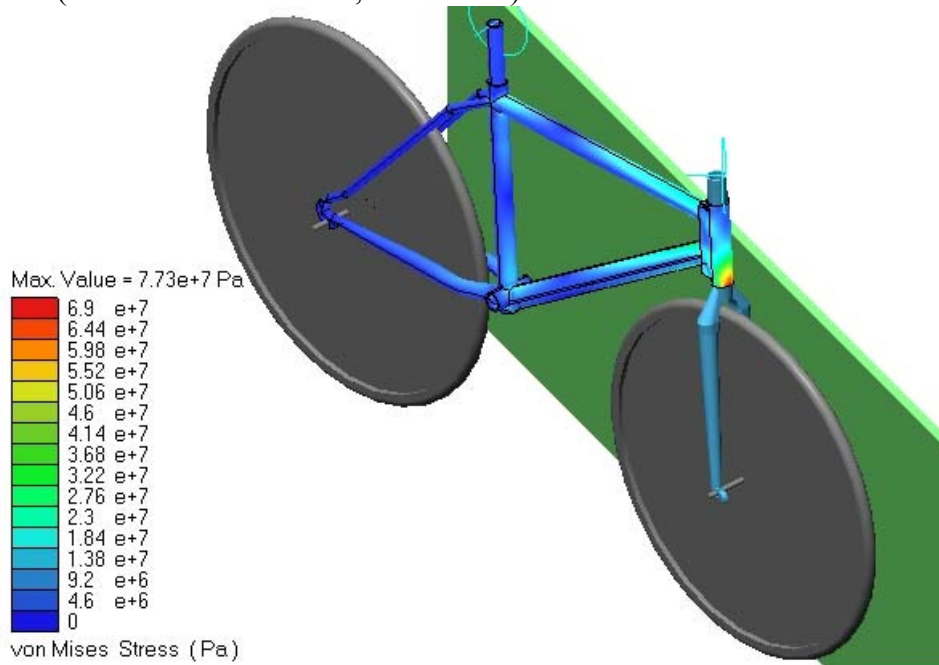


Figura 21.42 Tensioni di Von Mises dovute all'impatto della ruota anteriore con il cartellone pubblicitario (telaio in Beralcast 363).

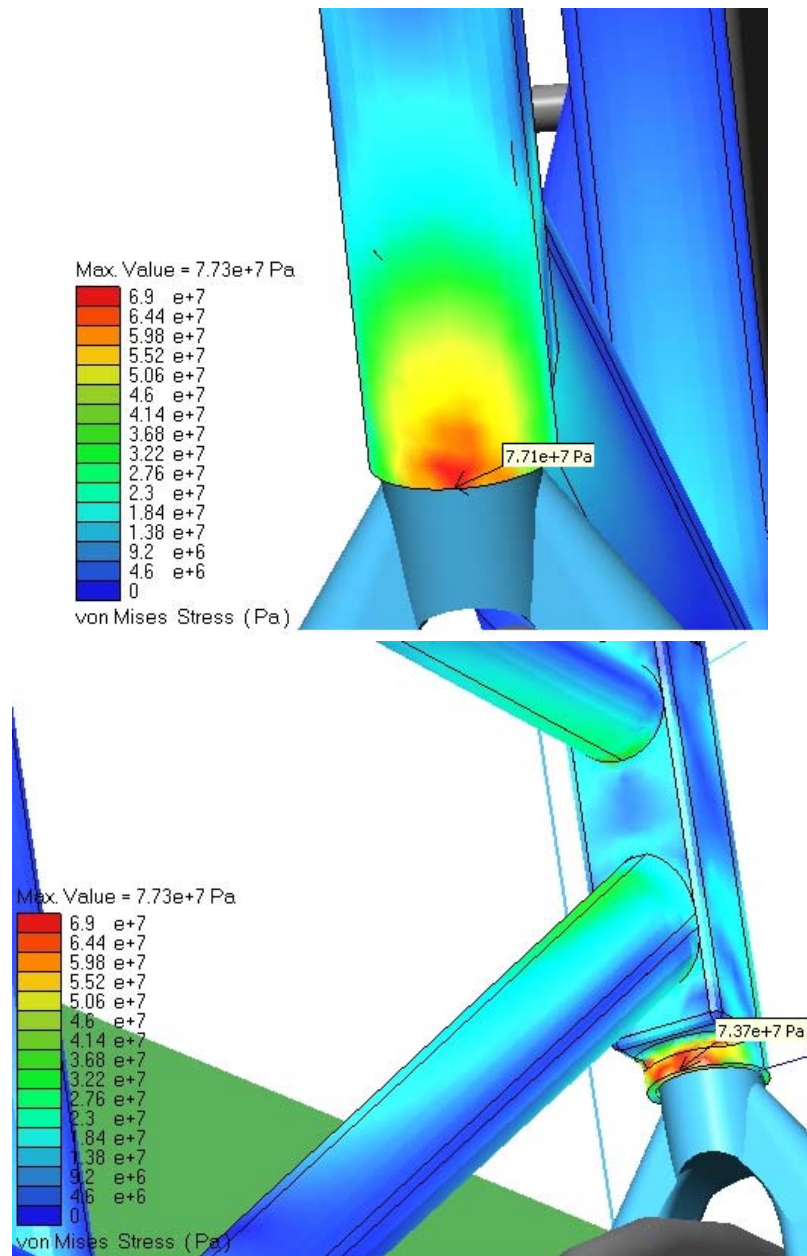


Figura 21.43 Due immagini ingrandite della zona interessata dal picco di tensione in fig. 21.42 (parte inferiore del canotto di sterzo).

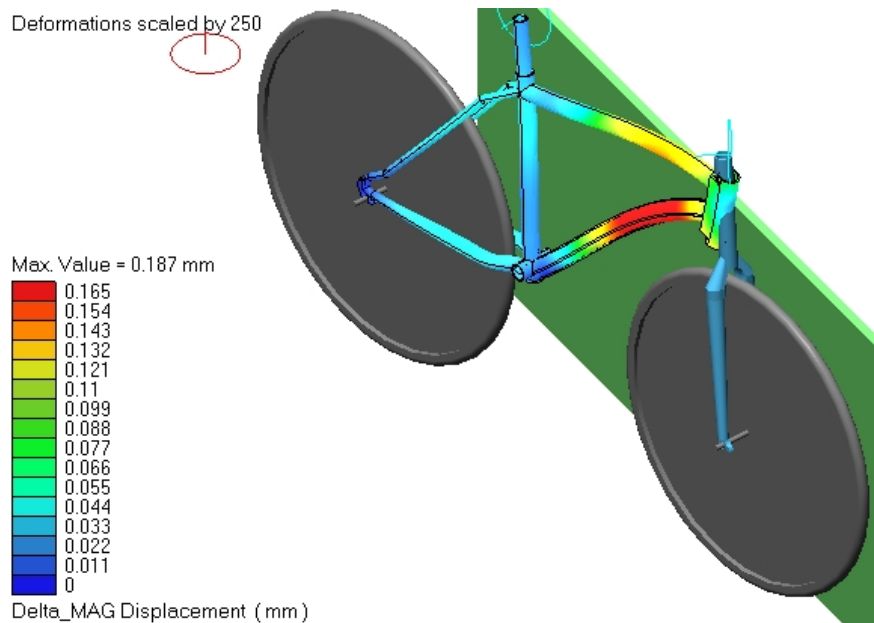


Figura 21.44 Deformata telaio in Beralcast (amplificata 250 volte) a seguito dell'impatto della ruota anteriore.

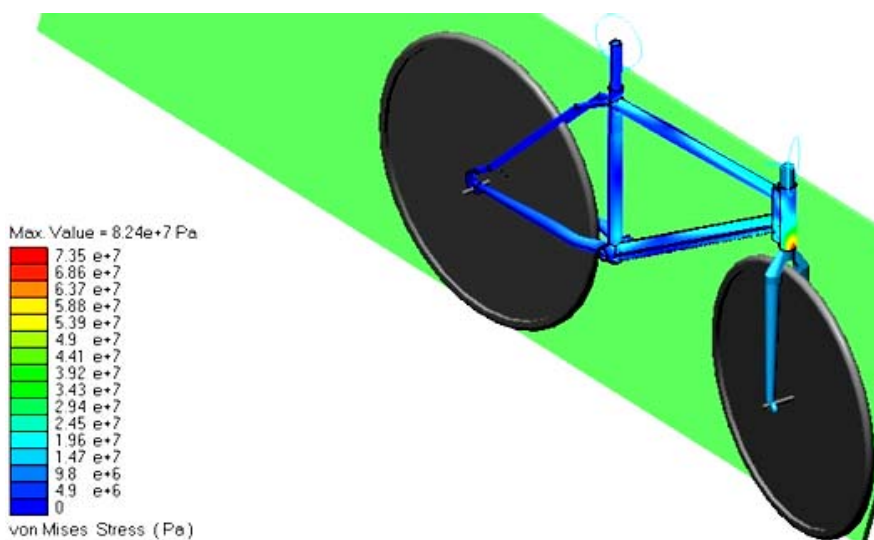


Figura 21.45 Stato di tensione nell'impatto della ruota posteriore con il cartellone pubblicitario (telaio in Beralcast 363).



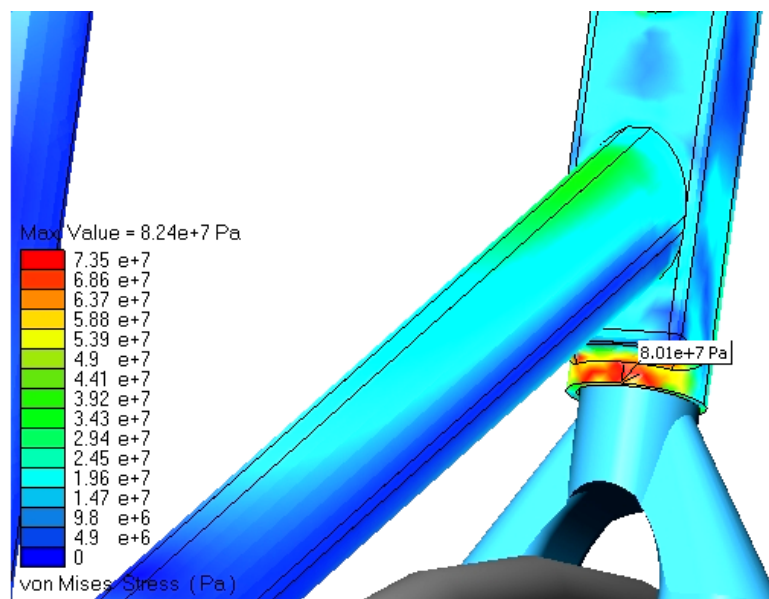
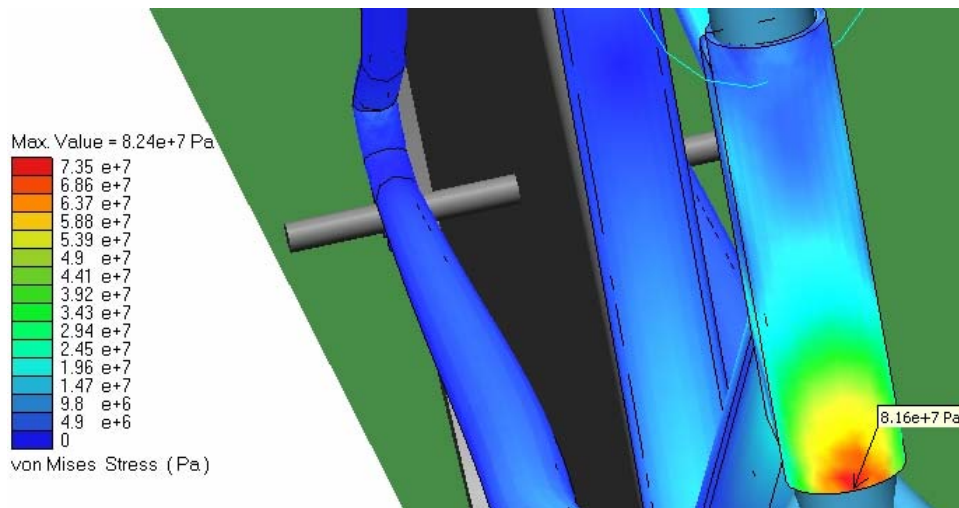


Figura 21.46 Due ingrandimenti della zona interessata dal picco di tensione a seguito dell'impatto della ruota posteriore (parte inferiore del canotto di sterzo) con telaio in Beralcast 363.

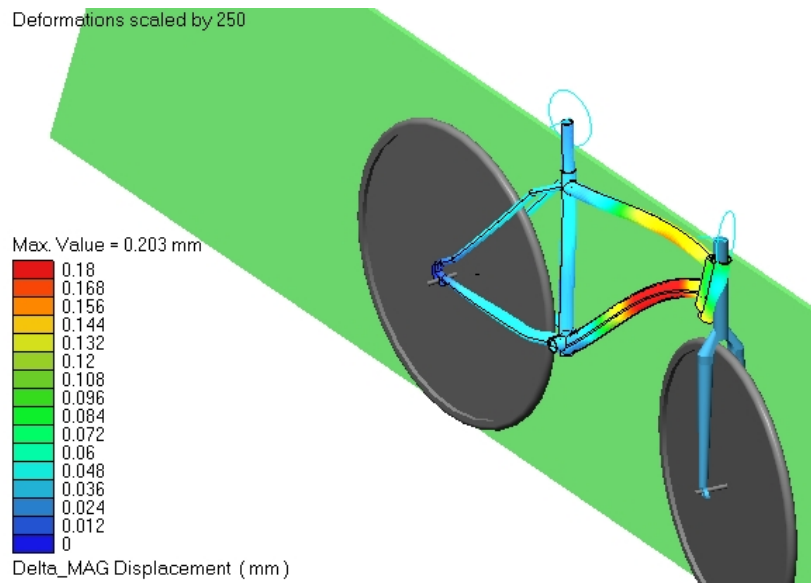


Figura 21.47 Deformata del telaio in Beralcast 363 (amplificata 250 volte) a seguito dell'impatto della ruota posteriore.

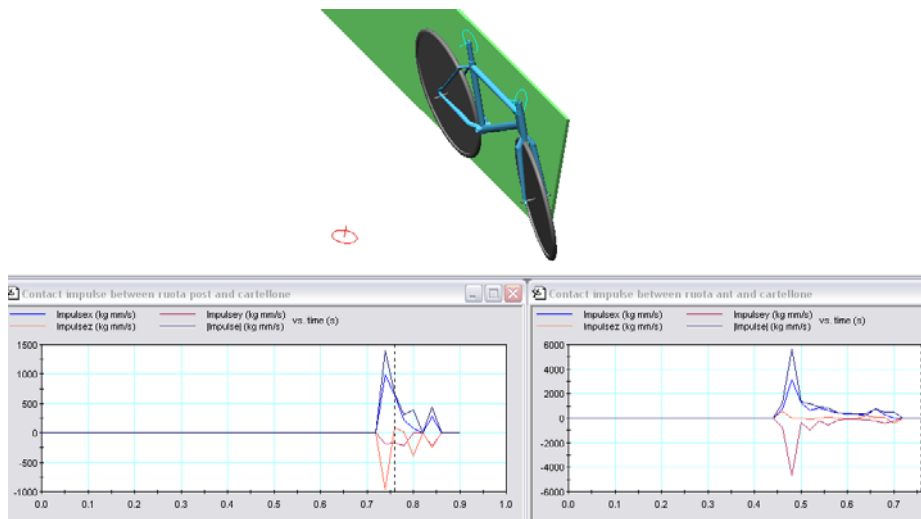


Figura 21.48 Andamento delle forze impulsive agenti sulle ruote nel loro impatto con il cartellone pubblicitario a bordo pista (telaio in Alluminio 7005,  $v=20$  km/h)

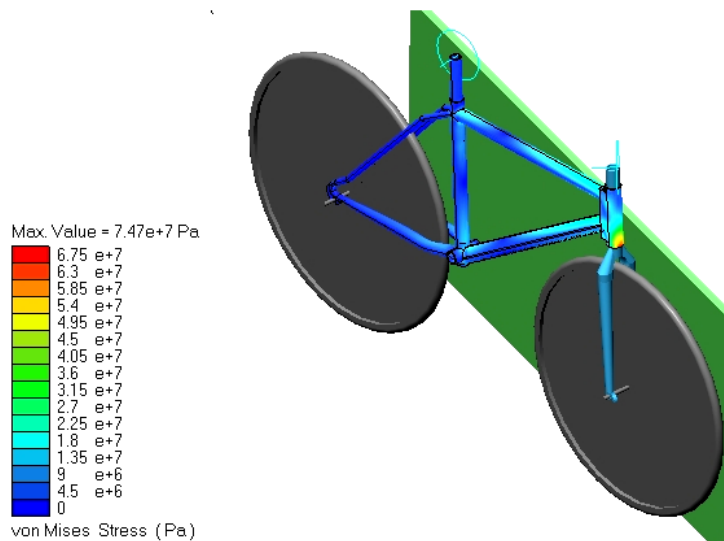


Figura 21.49 Stato di tensione a seguito dell'impatto della ruota anteriore con il cartellone pubblicitario (telaio in Alluminio 7005).

Infatti nella realtà il cartellone pubblicitario, essendo semplicemente poggiato sulla pista, al primo impatto con la ruota tende a cadere, non potendo così interessare il telaio.

Le fig. 21.41, 21.48 e 21.55 mostrano gli andamenti delle forze impulsive nel caso di impatto della bicicletta con un cartellone pubblicitario alla velocità di 20 km/h, rispettivamente per i telai costruiti con i tre modelli selezionati. È da notare che la simulazione dinamica non conduce a impatto tra la ruota posteriore ed il cartellone nel caso di telaio costruito in Titanio 3Al-2,5V, a differenza degli altri due (fig. 21.55).

Le fig. 21.42, 21.43 danno i picchi di tensione, e la fig. 21.44 la deformata, nel caso di impatto con la ruota anteriore con telaio in Beralcast 363. Le fig. 21.45 e 21.46 danno i picchi di tensione e la fig. 21.47 la deformata nel caso di impatto della ruota posteriore, sempre con lo stesso materiale.

Le fig. da 21.49 a 21.54 danno le analoghe informazioni nel caso di telaio costruito con Alluminio 2005 per l'impatto sia della ruota anteriore sia di quella posteriore.

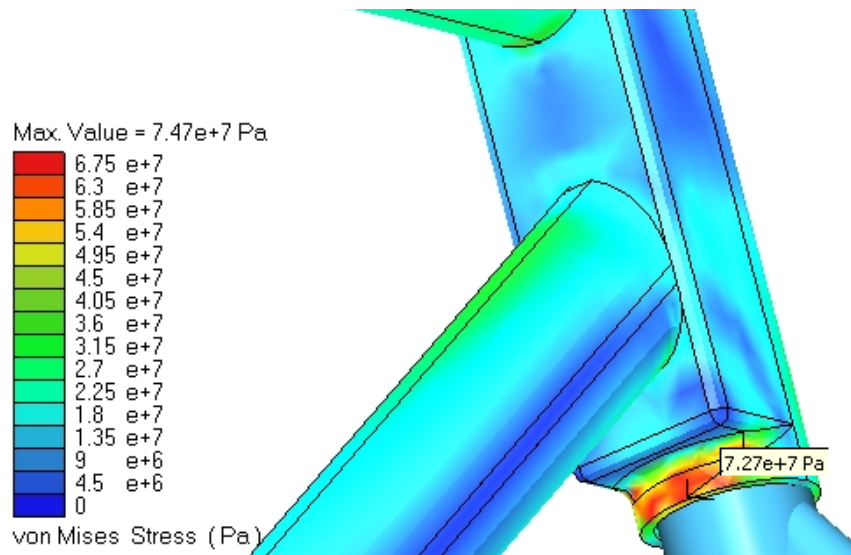
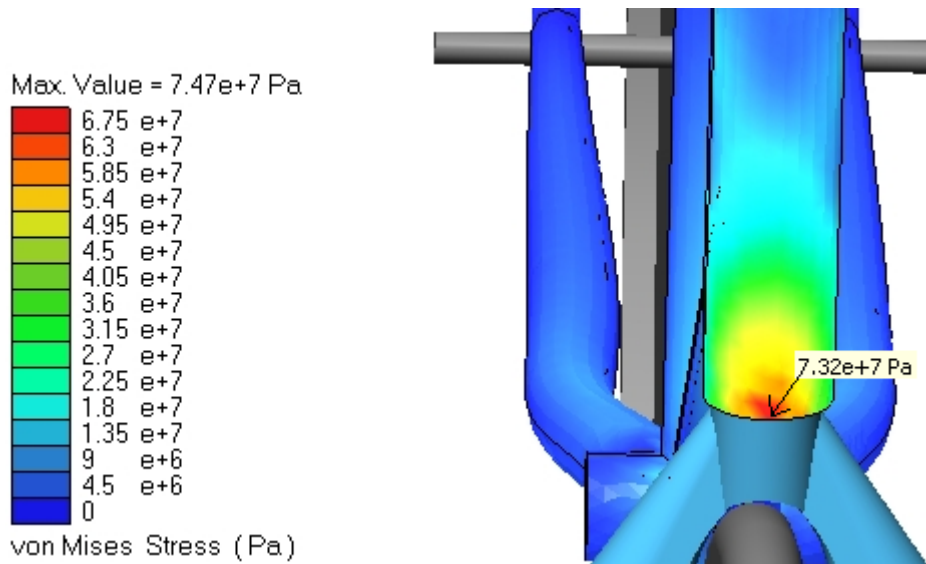


Figura 21.50 Due immagini ingrandite della zona interessata dal picco di tensione in fig. 21.49 (parte inferiore del cannotto di sterzo, telaio in Alluminio 7005).

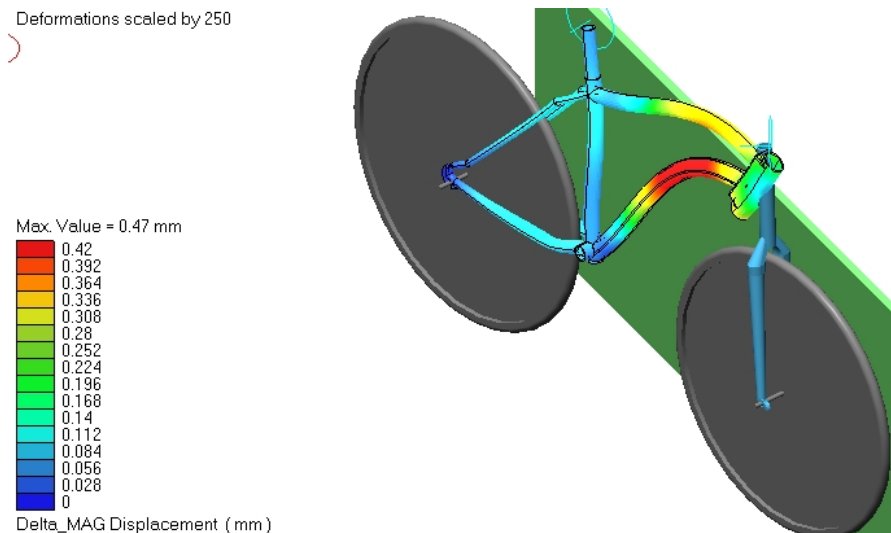


Figura 21.51 Deformata del telaio in Alluminio 7005 (amplificata 250 volte) a seguito dell'impatto della ruota anteriore.

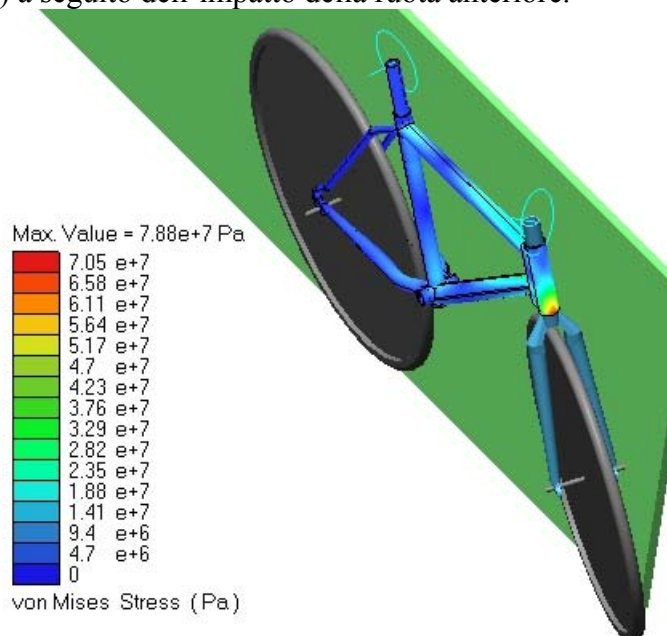


Figura 21.52 Stato di tensione conseguente all'impatto della ruota posteriore con il cartellone pubblicitario (telaio in Alluminio 7005).

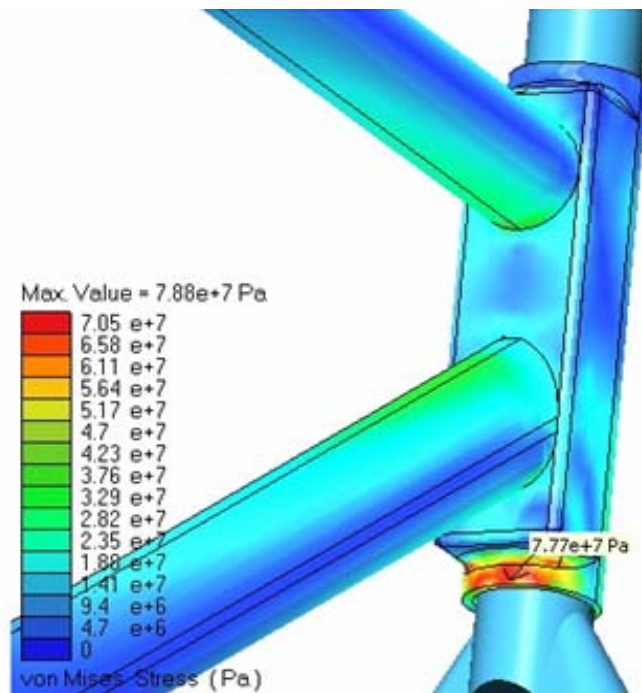
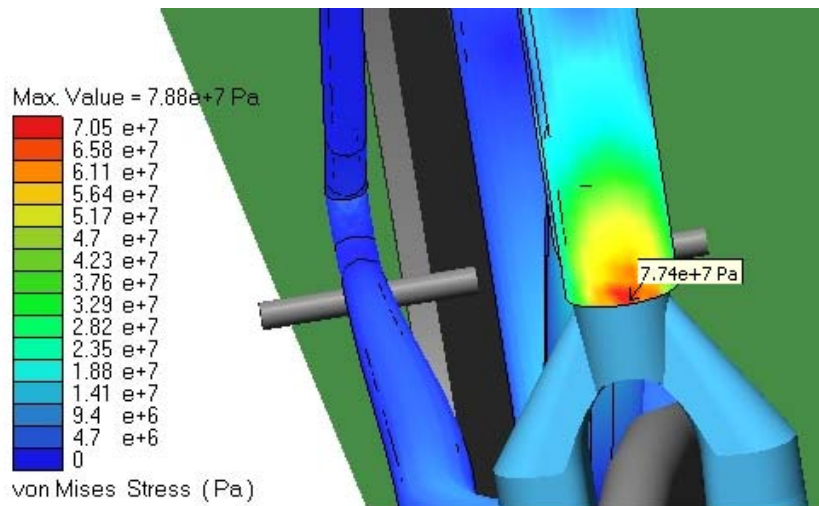


Figura 21.53 Due immagini ingrandite della zona interessata dal picco di tensione in fig. 21.52 (parte inferiore del canotto di sterzo, telaio in Alluminio 7005).

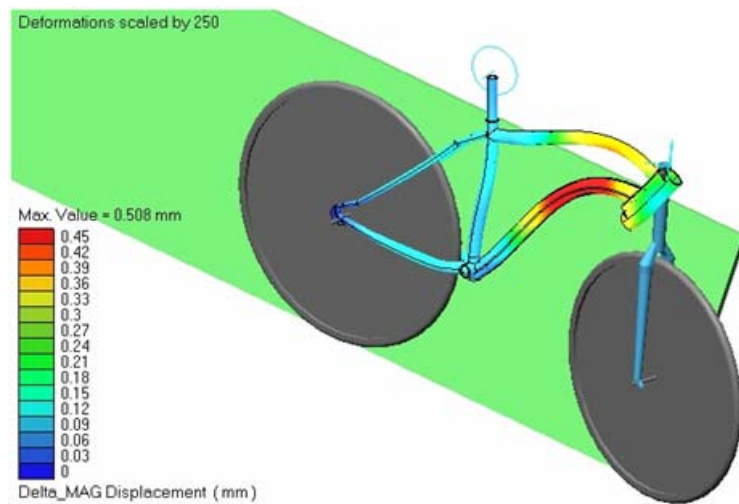


Figura 21.54 Deformata del telaio in Alluminio 7005 (amplificata 250 volte) a seguito dell'impatto della ruota posteriore.

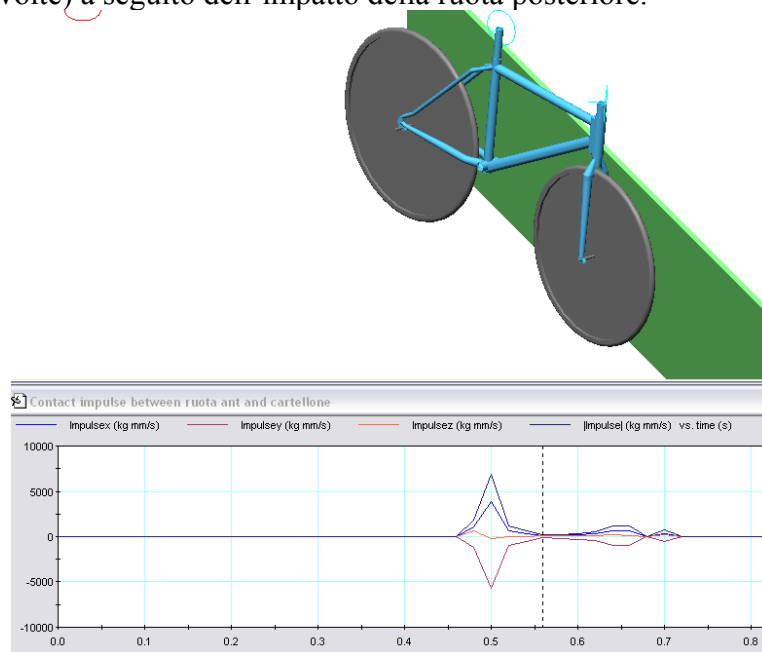


Figura 21.55 Andamento delle forze impulsive agenti sulla ruota anteriore durante l'impatto con il cartellone pubblicitario (Titanio 3Al-2,5V,  $v=20$  km/h).

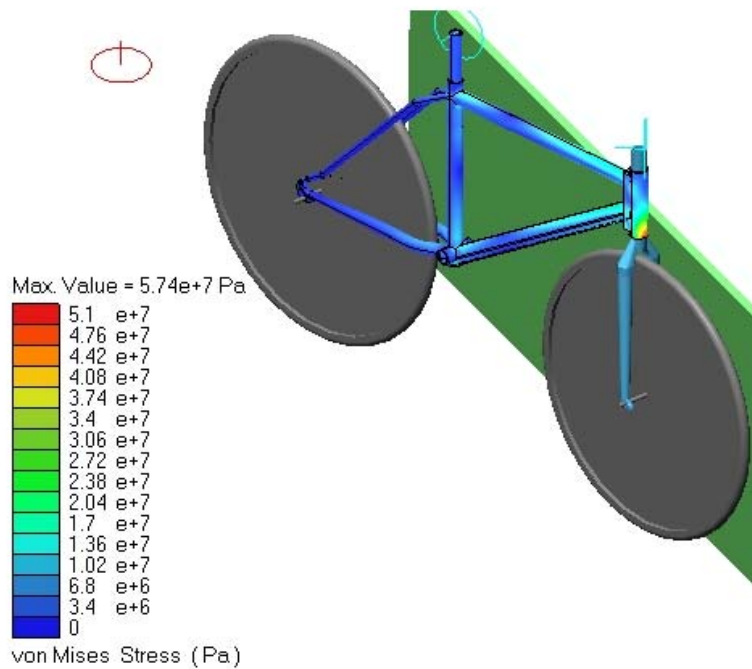


Figura 21.56 Tensioni di Von Mises dovute al contatto fra la bicicletta (ruota anteriore) ed il cartellone pubblicitario con telaio in Titanio 3Al-2,5V.

Le fig. da 21.56 a 21.58 danno analoghe informazioni per le condizioni di impatto della ruota anteriore per l telaio costruito in Titanio 3Al-2,5V.

#### 21.11.1 Conclusioni sulle sollecitazioni indotte dall'impatto

La condizione di carico applicato, tra quelle simulate tramite MSC.VisualNastran, è quella derivante dall'impatto della bicicletta con un cartellone pubblicitario ad una velocità di 20 km/h. I dati ricavati dall'analisi del comportamento del telaio, avente spessore 3 mm, sono riportati in tab. 21.3.



I risultati ottenuti mostrano che il materiale migliore per il telaio è il Beralcast 363. Infatti, osservando i valori relativi a peso, coefficiente di sicurezza e deformazione, ci si rende subito conto come questo materiale sia quello che risponde meglio alle sollecitazioni di questa terza prova in termini di sicurezza e rigidità.

Tabella 21.3 Riepilogo valori risultanti dalle prove di impatto con i tre materiali.

	<b>Materiali</b>		
	Beralcast 363	Alluminio 7005	Titanio 3Al-2.5V
<b>Peso telaio (Kg)</b>	2,18	2,81	4,52
<b>Ruota ant.</b>			
Forza impulsiva (kg*mm/s)	6000	6000	7500
Tensione massima (MPa)	77,3	74,7	57,4
Coeff. Sicurezza	2,76	2,74	8,71
Deformazione (mm)	0,206	0,47	0,286
<b>Ruota post.</b>			
Forza impulsiva (kg*mm/s)	1500	1500	-
Tensione massima (MPa)	82,4	78,8	-
Coeff. Sicurezza	2,59	2,6	-
Deformazione (mm)	0,203	0,508	-

## 21.12 Conclusioni

L'analisi dello stato tensionale del telaio, provato nelle varie condizioni di carico, ha evidenziato che deformazione e coefficiente di sicurezza sono parametri fondamentali per la progettazione.

Una volta definita la geometria, il dimensionamento delle varie parti della struttura può essere ottimizzato al fine di ottenere il miglior compromesso deformazione – sicurezza, mantenendosi entro limiti di peso ragionevoli. Inoltre in nessuna zona i materiali raggiungono condizioni critiche, essendo i picchi di tensione ben minori del limite di snervamento.

Una corretta stima dei carichi è fondamentale per affinare la progettazione, individuare le zone di maggiore criticità della struttura, intervenendo con le opportune modifiche.

Il telaio, lungo il cammino della progettazione, può subire diversi cambiamenti rispetto al disegno iniziale. Questi possono essere dovuti a due diverse esigenze:

- le variazioni possono coinvolgere la distribuzione spaziale delle varie parti, provando posizioni e forme diverse per ottenere la geometria più efficiente.
- la geometria rimane fissa ma si operano alleggerimenti mirati, razionalizzando la struttura. Per esempio la struttura può essere alleggerita asportando materiale dalle zone in cui lo stato tensionale si mantiene basso.

Le due strategie possono essere applicate entrambe definendo prima la geometria più conveniente e poi snellendola; per far questo è però indispensabile conoscere la reale entità delle forze in gioco.

Da quanto detto si capisce l'importanza e lo sviluppo che in un futuro più o meno immediato l'applicazione della simulazione dinamica potrà avere in campo ciclistico.

Dalle simulazioni condotte si è potuto verificare che, per dato spessore, il materiale che meglio risponde alle sollecitazioni imposte è il Beralcast 363. Questi, infatti, è risultato il migliore dei tre materiali per ben due applicazioni di carico su tre.

Comunque le analisi sono state condotte per dato spessore, senza intervenire su di esso, falsando così in parte i risultati. Il telaio in Titanio, ad esempio, è stato penalizzato anche, ma non soltanto, per il suo peso. In un'analisi più approfondita si deve sicuramente analizzare il comportamento di tale materiale per spessori inferiori, considerando non solo l'eventualità di un telaio a singolo spessore, ma anche a doppio e triplo. Inoltre può essere interessante analizzare il comportamento dei telai a velocità maggiori.

In questa testo non si è comunque fatta alcuna considerazione di carattere economico, aspetto sicuramente non meno importante di quelli esaminati.

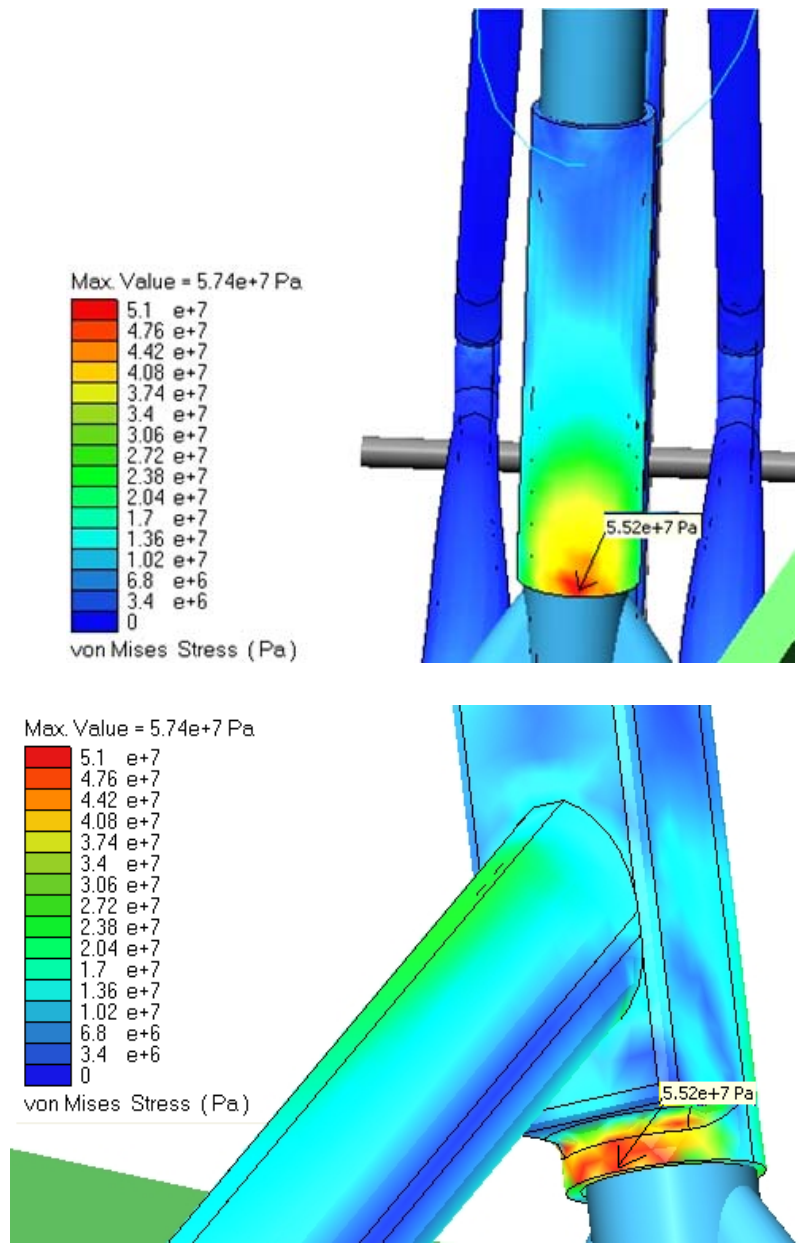


Figura 21.57 Due ingrandimenti della zona interessata dal picco di tensione in fig. 21.56 (Titanio 3Al-2,5V).

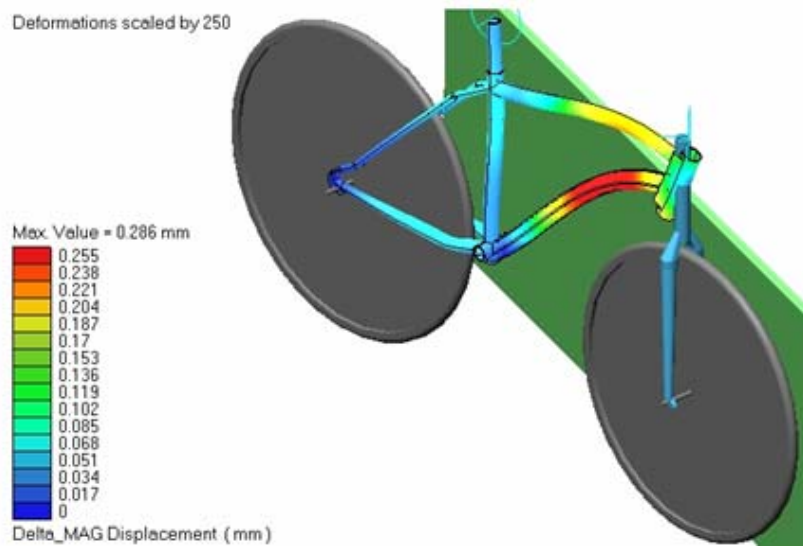
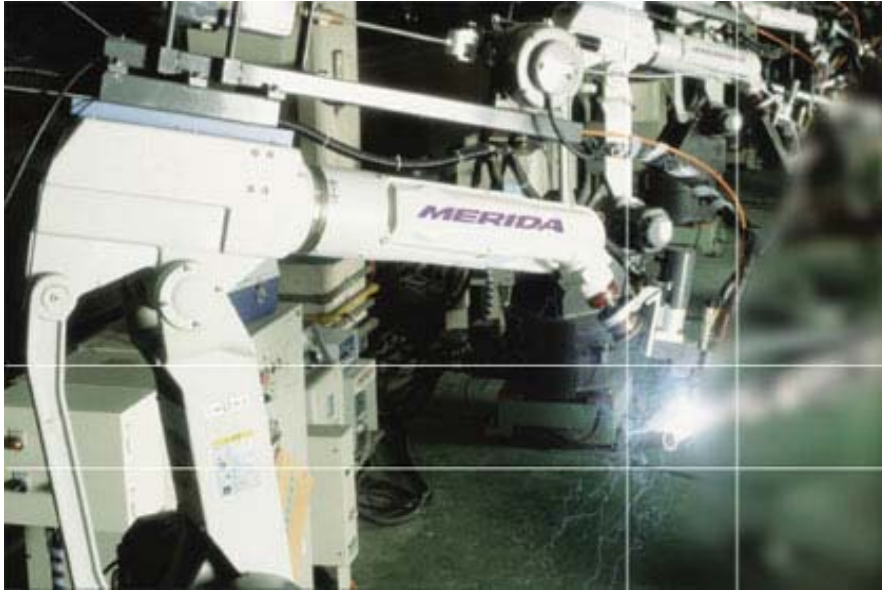


Figura 21.58 Deformata del telaio in Titanio 3Al-2,5V (amplificata 250 volte) a seguito dell'impatto della ruota anteriore.

## Capitolo 22



## Le lavorazioni

## 22.1 Le fasi della lavorazione

Oggi giorno le biciclette non vengono realizzate in un unico pezzo né con un unico procedimento lavorativo: sono troppi gli aspetti che devono essere curati e di cui si deve tenere conto.

La produzione di telai e componenti ciclistiche dunque sono il risultato di una catena di lavorazioni, che partendo da materiali grezzi e privi di forma, giungono alla rifinitura finale ove le superfici vengono curate esteticamente prima di essere vendute.

In questo capitolo si parla dei vari processi lavorativi e dei trattamenti cui sono soggetti i tubi del telaio e altri componenti della bicicletta.



Figura 22.1 Macchinario modello *The CNC Jr. 3 Axis Mill* della casa costruttrice *Cnc Masters*.

## 22.2 Prime lavorazioni

- *Cnc o lavorazione dal pieno.* E' un particolare procedimento di lavorazione per fresatura, che parte da un blocco grezzo di alluminio e attraverso una serie di interventi con le frese guidate dal computer, permette di ottenere pezzi di assoluta precisione. Utilizzando tale lavorazione si ottengono forcelli, o anche scatole del movimento centrale, oppure ancora attacchi manubrio. Questa lavorazione parte quindi da pezzi semigrezzi, realizzando la forma desiderata con estrema precisione e senza investimenti troppo onerosi, a parte il costo della macchina. Le operazioni sono gestite dal software del computer e quindi non necessitano di costante controllo da parte degli addetti. Le operazioni da svolgere sono memorizzate e vengono eseguite pedissequamente.

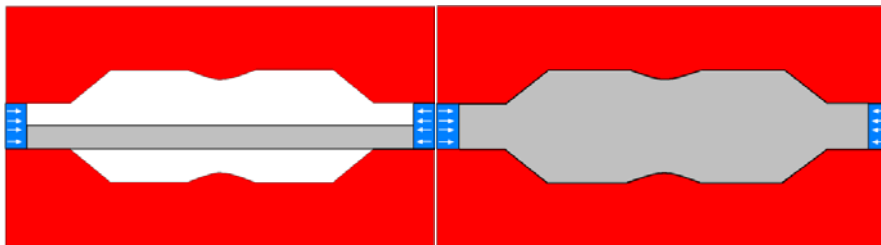


Figura 22.2 Schema funzionamento Hydroforming: a sinistra il tubo appena inserito nello stampo, pochi istanti prima dell'inizio dell'introduzione del liquido ad alta pressione; a destra il tubo finito.

- *Hydroforming.* Parte da tubi grezzi di alluminio e li modella dandone forma e spessore desiderato. Il procedimento di lavorazione è molto semplice e permette di realizzare tubi di alluminio con forme non riproducibili attraverso altri processi lavorativi se non cambiando materiale, passando alla fibra di carbonio con notevole aumento dei costi. I tubi da lavorare vengono introdotti dentro uno stampo con il negativo della forma che si desidera e successivamente all'interno di essi viene introdotto un liquido ad elevatissima pressione che costringe le superfici del tubo ad aderire a quelle dello stampo. Con tale

tecnica si riescono a modellare i manubri e non solo, tuttavia i tubi di alluminio che se ne ottengono sono leggermente più pesanti di un normale trafilato, perché spessore eccessivamente spinti porterebbero a rotture.

- *Forgiatura.* Si parte da una barra di alluminio pre-riscaldata e la si inserisce tra due stampi; la formatura avviene sotto l'azione di una pressa che deforma il pezzo plasticamente facendolo aderire allo stampo. Con la forgiatura non si ricerca la forma particolare, ma la resistenza; infatti la pressione elevata comprime contro lo stampo il materiale, che essendo pre-riscaldato, allinea i suoi cristalli secondo le linee di sollecitazione. Inoltre grazie a questa pressione anche le bolle d'aria e le impurità vengono eliminate. I prodotti che se ne ottengono richiedono successivamente solo di essere rifiniti per anodizzazione. La forgiatura è una lavorazione costosa a causa del costo degli stampi, che sono utilizzabili solo per una serie di pezzi.
- *Pressofusione.* Si tratta di un procedimento di stampaggio meno pregiato della forgiatura. I cristalli infatti non si allineano ed i pezzi devono quindi essere di dimensioni maggiori per far fronte alla minore resistenza. Anche dal punto di vista estetico i pezzi siffatti non presentano lo stesso aspetto dei forgiati, sicché necessitano di una verniciatura. La lavorazione però nel complesso è economica e quindi adatta per produzione di pezzi in serie anche molto ampie.

### **22.3 Le lavorazioni finali**

- *Fresatura.* E' una fase delicata poiché deve tenere conto degli spessori differenziati a zone dei tubi moderni e quindi bisogna non comprometterne rigidità e resistenza. L'accoppiamento dei tubi successivo va eseguito con tolleranza microscopica.
- *Saldatura.* Si deve fare attenzione ad usare il tipo giusto per acciaio o alluminio a seconda dei casi. Inoltre occorre particolare cura e lavorare su superfici pulite accuratamente,



infine si deve assicurare una saldatura localizzata e precisa per non danneggiare le caratteristiche meccaniche del tubo, curando un raffreddamento graduale della parte.

- *Squadratura del telaio.* Eseguita interamente a mano (mediante il piano di riscontro), si occupa del controllo dei tubi e del telaio nel suo complesso.
- *Limatura e rifinitura.* Eseguita interamente a mano (con carta a vetro) è sicuramente la fase di lavorazione più lunga.
- *Verniciatura.* E' la cura estetica per il prodotto finito. La ricerca di combinazioni di colori accattivanti.
- *La certificazione.* Le lavorazioni si concludono con la stesura di un certificato di qualità che contiene il numero di telaio e la data di consegna al cliente.

## 22.4 Forgiatura o Cnc?

La scelta del processo lavorativo in realtà non si limita a questi due tipi, ma coinvolge anche hydroforming, pressofusione, estrusione, ecc. La forgiatura e il Cnc sono sicuramente i più diffusi, e più usati per la maggior parte dei pezzi che compongono una bicicletta.

Alcuni processi in generale non sono proprio adatti alla realizzazione di componenti ciclistici, a causa delle basse caratteristiche meccaniche dei loro prodotti. Ad esempio la fusione è uno di questi, poiché i suoi prodotti hanno una struttura interna con cristalli a direzione di allineamento casuale e non perfettamente aderenti tra loro. Ne risulta dunque una struttura fragile, soggetta a rotture anche a causa della presenza di bolle ed impurità a volte al suo interno.

- L'*hydroforming* è molto utilizzato ancora oggi, anzi è fondamentale per certi componenti. Ad esempio per la realizzazione dei manubri è l'unico processo che permette la realizzazione delle forme di progetto.
- L'*estrusione* viene usata per diversi componenti anche perché oggi si riesce con particolari metodologie a orientarne i grani in particolari direzioni.

- La *pressofusione* come abbiamo detto precedentemente è un processo di stampaggio e quindi a deformazione plastica simile alla forgiatura ma più economica. Essa viene usata per componenti che non richiedono prestazioni eccelse o comunque per la gamma medio bassa.
- La *forgiatura* invece è un processo di stampaggio particolare, perché agisce imponendo una direzione di orientamento ai cristalli compattandoli tra loro. I prodotti sono quindi caratterizzati da ottime proprietà meccaniche. È infatti possibile studiarne il processo a tavolino prima di eseguire lo stampaggio programmando l'orientamento dei cristalli in modo da irrobustire certe parti a discapito di altre ove agiscono sollecitazioni minori. Agli inizi era l'unico processo per realizzazione di certe parti del telaio, ma il suo impiego è stato ridotto con l'introduzione del Cnc.
- Il Cnc prevede lavorazioni a controllo numerico, che partendo da un blocco grezzo, attraverso fresature e quindi asportazione di truciolo di metallo, "scolpiscono" ed ottengono il pezzo finito. Il prodotto non richiede altre lavorazioni successive ed esteticamente vanta un aspetto accattivante. Dalla sua introduzione ad oggi ha riscontrato un graduale aumento di utilizzo, sebbene si tratti di un lungo processo di lavorazione.

#### 22.4.1 Pro e contro

La *forgiatura* ha il vantaggio di prodotti di eccezionale resistenza, ma il prezzo è proibitivo. Infatti l'uso di stampi in grado di resistere alle grandi pressioni necessarie, e comunque adatti solo a realizzare una limitata serie di pezzi, porta il prezzo a valori non certo adatti a prodotti di bassa gamma e grande serie. Per certi materiali, come il magnesio, è prevista la forgiatura progressiva con vari stampi, perché il materiale costituito da cristalli esagonali non sopporta eccessive deformazioni in una sola lavorazione continua. La forgiatura poi non consente la realizzazione di pezzi con angoli di curvatura inferiori a 90°. Però è anche vero che lo spreco di materiale è esiguo e limitato ad un po' di bava che esce dallo stampo. Infine, per la rimozione di

quest'ultima, sono necessarie lavorazioni di rimozione e limatura per certe parti.

Il *Cnc*, invece, è caratterizzato da prodotti di elevatissima precisione e dall'assenza di limiti di tipo geometrico di cui è affetta invece la forgiatura. L'intervento degli addetti è limitato al solo cambio di utensili sul braccio di lavoro; tutto è regolato dal software del computer. Tuttavia la lavorazione ad asportazione di truciolo quale essa è comporta un grande spreco di materiali, ma bisogna valutare se lo spreco comporta una perdita finanziaria equivalente al costo di uno stampo per forgiatura. Le lavorazioni Cnc sono inoltre molto lunghe, per la lenta asportazione di truciolo con bassa profondità di passata; inoltre, dal punto di vista della resistenza dei pezzi, il processo di lavorazione a taglio comporta drastici tagli alla continuità interna del materiale; la rottura del flusso dei grani deve essere ben studiata poiché, se sommata alla presenza di angoli acuti interni, porta a sicure rotture del pezzo (effetti di concentrazione delle tensioni). Tra i prodotti che si ottengono con il Cnc ci sono anche gli stampi per forgiatura.

Oggi alcune case costruttrici producono pezzi attraverso l'uso delle due lavorazioni in fasi diverse ma consecutive.

Ad esempio una casa canadese produce un certo tipo di pedivelle impiegando dapprima la forgiatura per la realizzazione della stessa ed infine il Cnc per la sua rifinitura.

## Capitolo 23



## La saldatura

### 23.1 I concetti generali

Le varie componenti del telaio della bicicletta dopo le lavorazioni di produzione passano alle lavorazioni secondarie di fresatura, saldatura e verniciatura, come descritto nel capitolo precedente. Tra queste la saldatura richiede molta attenzione, dato che essa deve essere appropriata per il tipo di materiale usato, messa in opera da personale specializzato e soprattutto limitata a piccole zone. La cura della saldatura deve essere maniacale anche per l'aspetto estetico poi del telaio. Esistono vari tipi di saldature adoperati in campo ciclistico:



Figura 23.1 Giunzioni adoperate in processi di saldobrasatura (tratta da <http://www.bicyclespecialtiesonline.com>)

1. *Saldobrasatura*. È stato il primo metodo di saldatura usato in campo ciclistico, ma oggi è stato completamente abbandonato. La procedura prevedeva l'inserimento delle parti da montare all'interno di giunzioni, successivamente il riscaldamento dei lembi ad una temperatura inferiore a quella di fusione degli stessi. Veniva allora fatto colare del materiale di apporto sulle parti riscaldate, con il cui successivo raffreddamento si realizzava l'unione perfetta delle parti. La temperatura raggiunta era quella di fusione del materiale di apporto, inferiore a quella di fusione dei lembi e quindi non pericolosa per l'integrità delle parti. Ciò che ha fatto del tutto abbandonare questa soluzione è stata l'introduzione di materiali come l'alluminio, che richiedono temperature elevate

e particolari tipologie di saldature, e la continua ricerca di alleggerimento della struttura. Al suo posto si utilizzano le saldature MIG e TIG.



Figura 23.2 “Brazing the bottom racket” Si notano i due tubi inseriti nella giunzione ed il materiale di apporto che li unisce (tratta da <http://www.kirkframeworks.com>).

2. Saldatura MIG (Metal Inert Gas). Il procedimento prevede l'utilizzo di una “torcia” al cui interno vi è l'elettrodo fusibile, il meccanismo di avanzamento del filo e il gas inerte. Le parti da saldare vengono avvicinate tra loro, poi si avvicina la torcia che, essendo alimentata elettricamente, provoca un arco elettrico fra parti da saldare ed elettrodo. Quest'ultimo fornisce il materiale d'apporto, fondendo per l'elevato calore emanato dall'arco e colando sulla parte da saldare. Man mano che si sposta la torcia quindi, grazie al meccanismo di rulli che spinge il filo elettrodo, si forma il cordone di saldatura. La torcia è inoltre provvista di un

gas inerte che viene rilasciato durante saldatura e che ha compito di proteggere il cordone, l'arco e l'elettrodo da contaminazioni. Per la saldatura dell'alluminio vi è il rischio di cedimento del filo elettrodo per cui bisogna fare attenzione che questo non sia spinto, bensì tirato. Il meccanismo di tiraggio è presente sulla torcia ed il filo è contemporaneamente anche spinto. Il procedimento MIG permette velocità di avanzamento dell'ordine di 10-20 m/min ed è usato per la produzione di telai di biciclette di bassa gamma ed economiche. Tuttavia a causa dell'ingombrante apparecchiatura, difficilmente trasportabile, non può essere utilizzato in punti di difficile accesso.

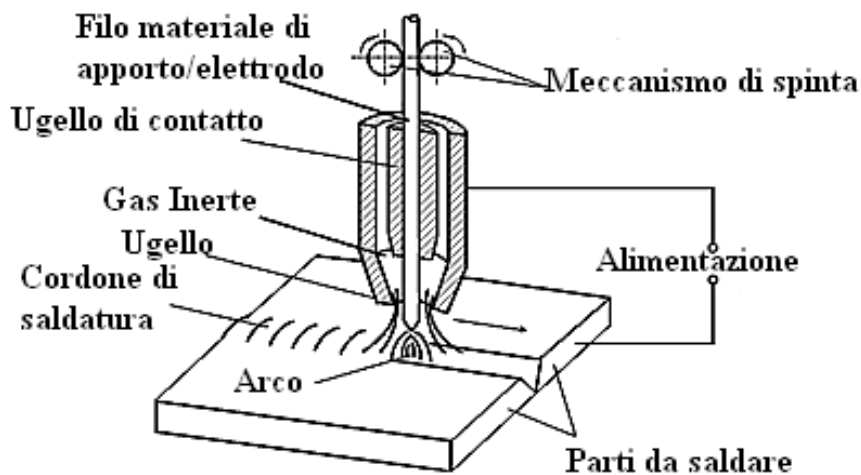


Figura 23.3 Schema funzionamento saldatura MIG (tratta da European Aluminium Association).

3. *Saldatura TIG (Tungsten Inert Gas)*. Nella saldatura TIG l'elettrodo è infusibile e realizzato in tungsteno (93,9%-99,75% di tungsteno puro e 0,3%-0,5% di zirconio a garanzia di minore contaminazione del bagno), mentre il materiale di apporto viene fornito manualmente o in modo automatico, direttamente nel bagno di fusione. I telai di alta gamma sono realizzati con tale procedura e a volte, in caso di parti con spessori ridotti, senza

materiale d'apporto. La saldatura è molto rapida, dell'ordine dei 3-5 s e avviene per fusione dei lembi da saldare insieme con il materiale d'apporto. La temperatura sviluppata è alta e quindi tutto il processo deve svolgersi velocemente per non rischiare trasmissione del calore ad altre parti del telaio con conseguenti deformazioni. Dato che l'alluminio conduce il calore in misura elevata, la sua saldatura è molto pericolosa e deve essere fatta con processi veloci e discontinui, per non consentire eccessiva propagazione di calore. La saldatura TIG viene usata per telai di alta gamma in acciaio, alluminio e titanio.

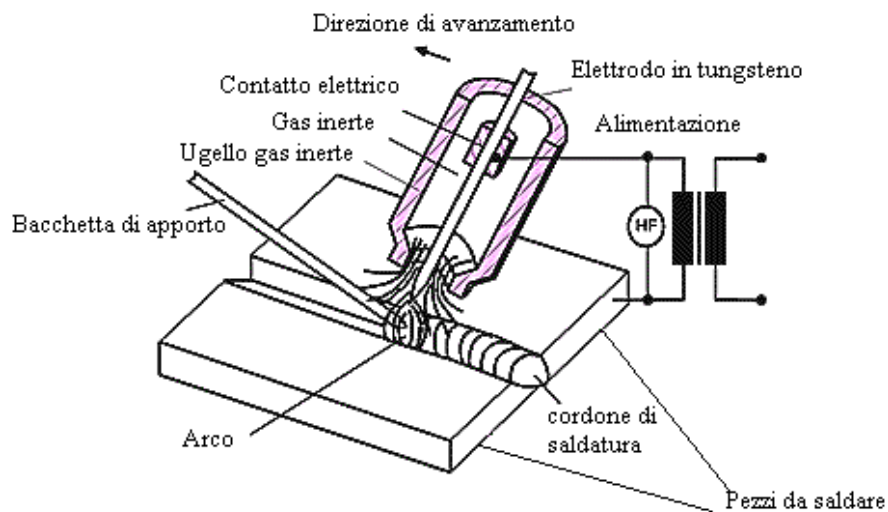


Figura 23.4 Schema funzionamento saldatura TIG (tratta da European Aluminium Association).

### 23.2 Preparazione superfici e trattamento giunti saldati

Le superfici da saldare devono essere pulite per rimuovere eventuali impurità e oli, inoltre devono essere sagomate e fresate in modo da potere combaciare perfettamente.

Durante la saldatura le zone vicino al cordone vengono riscaldate e successivamente raffreddate rapidamente all'aria o con acqua e quindi



subiscono uno shock termico. Per recuperarne le caratteristiche si trattano con rinvenimento.

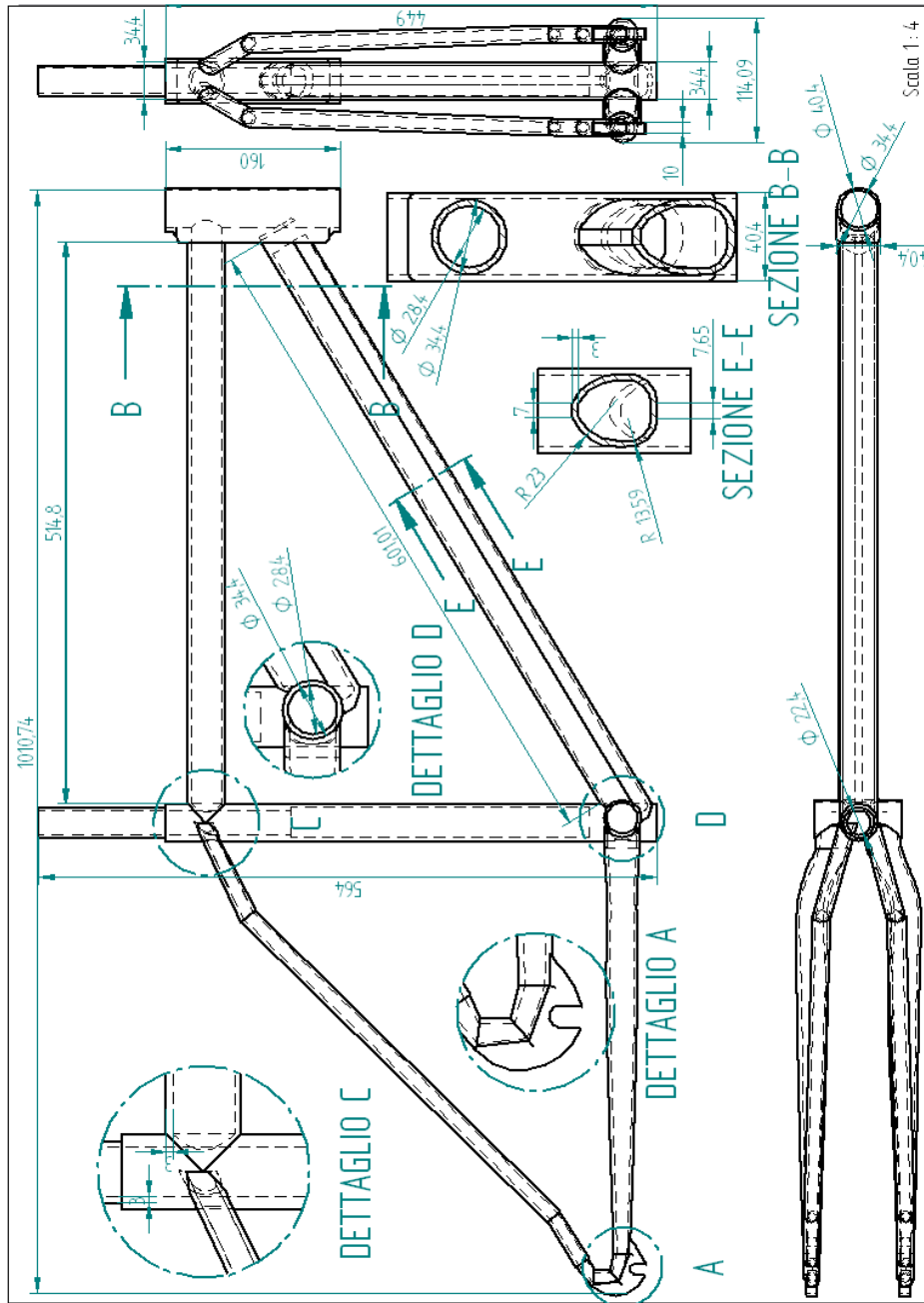


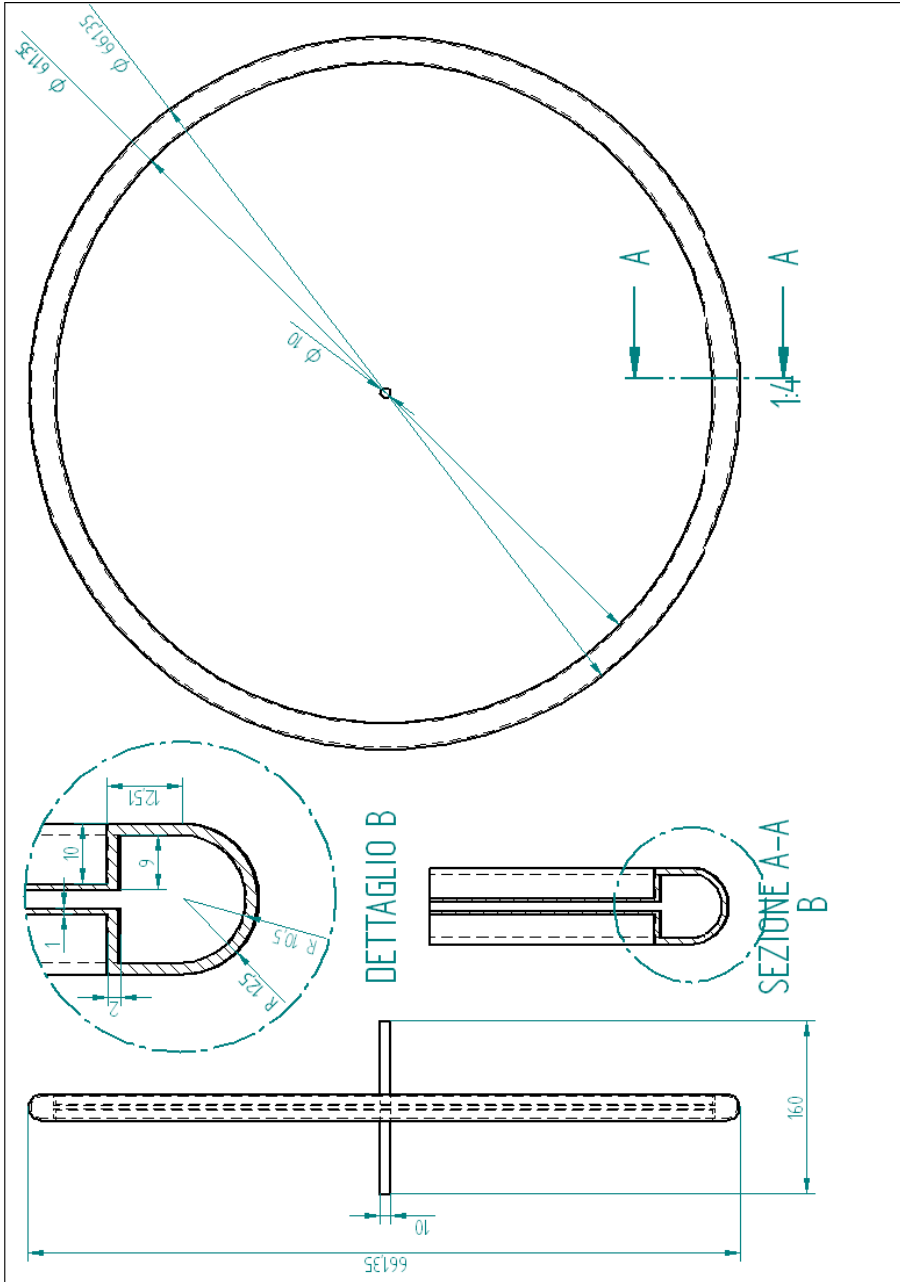
Figura 23.5 Saldatura TIG dei forcellini al telaio (tratta da <http://www.bicitalia.com>)

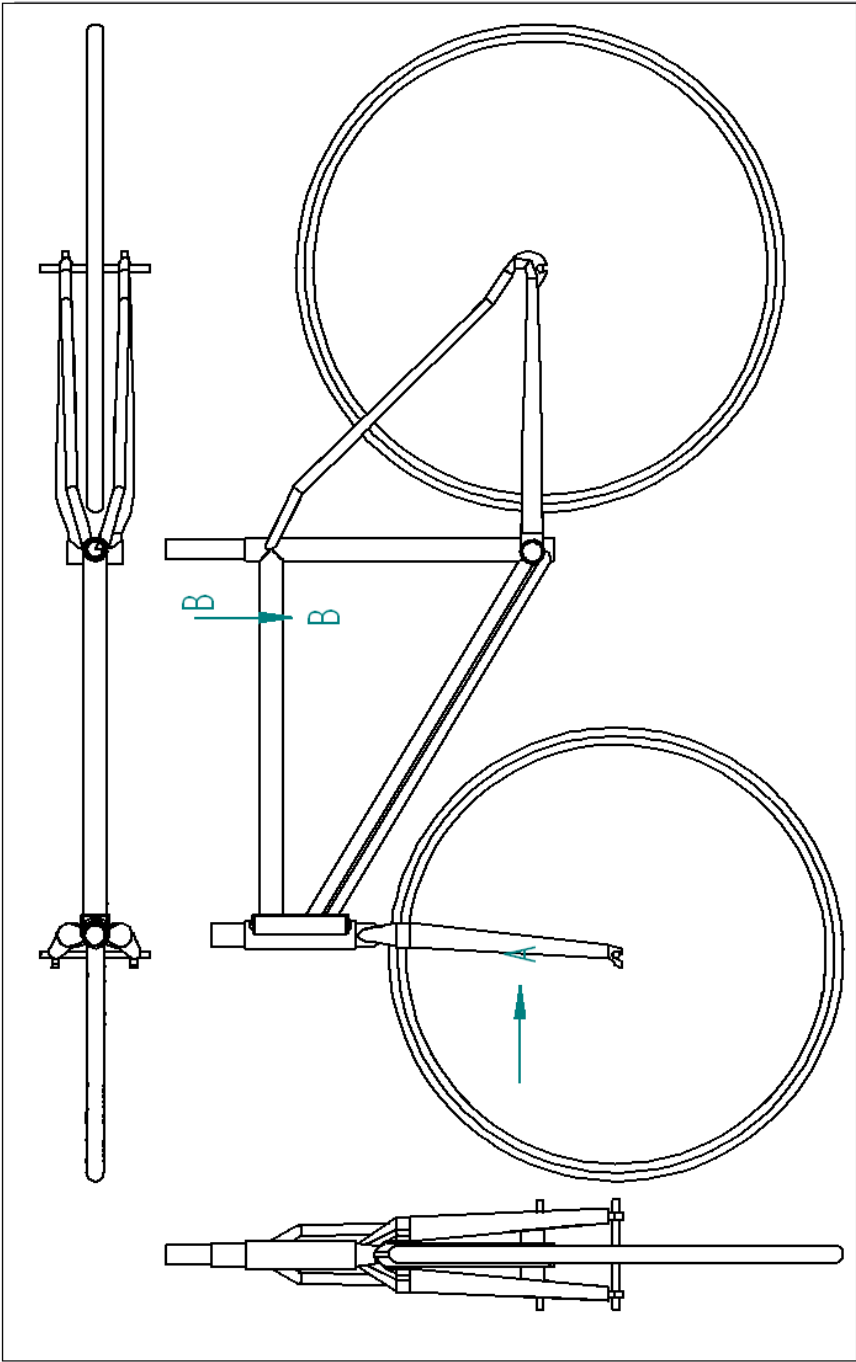
## Appendice

### Tavole









## Bibliografia essenziale

- [1] V. Cossalter, “Cinematica e dinamica della motocicletta”, Edizioni Progetto, Padova, 2001
- [2] Zeno Zani - Pedalare bene. Il posizionamento in bicicletta, la scelta del telaio e dei componenti – Ediciclo, 1998
- [3] Zeno Zani - Le tecnopatie nel ciclismo. I disturbi da errato posizionamento, i possibili rimedi - Ediciclo, 1997

### **Pagine web:**

[http://pdmec4.mecc.unipd.it/DINAMOTO/on-line papers/libro cin e din moto/libro.html](http://pdmec4.mecc.unipd.it/DINAMOTO/on-line%20papers/libro%20cin%20e%20din%20moto/libro.html)  
[http://pdmec4.mecc.unipd.it/DINAMOTO/on-line papers/effetto giroscopico/Gyroscopic effects.html](http://pdmec4.mecc.unipd.it/DINAMOTO/on-line%20papers/effetto%20giroscopico/Gyroscopic%20effects.html)  
<http://www.dinamoto.it/>  
<http://www.guidorubino.com>  
<http://www.sportpro.it/technics/saggi/TELaio.htm>  
<http://www.sportpro.it/bktech.htm>  
<http://www.cicloturismo-mtb.com>  
<http://scienzadellospport.coni.it>  
<http://www.fulcrumwheels.com>  
<http://www.shimano.com>  
<http://www.extremeracing.it>  
<http://www.capobianchi.it>  
<http://www.campagnolo.com/home.php>  
<http://www.cinelli.it/>  
<http://www.lerunbikes.com>  
<http://www.formigli.it>  
<http://www.matls.com>  
<http://www.federciclismo.it>  
<http://www.coni.it/>  
<http://www.bicyclespecialtiesonline.com>  
<http://erewhon.ticonuno.it/2002/societa/bici/storia.htm>

<http://www.bikersclubvarzi.it/nozioni.htm>  
<http://spazioinwind.libero.it/manseco/materiali.htm>  
<http://www.sportpro.it/technics/saggi/bframe.htm>  
<http://www.framebuilding.com/carbon%20forks.htm>  
<http://www.dedacciai.com/>  
<http://www.kirkframeworks.com>  
<http://www.eaa.net/>  
<http://www.marcotraverso.it>  
<http://www.fullspeedahead.com>  
<http://www.aluplanet.com>  
<http://www.howstuffworks.com>  
<http://www.cycling.it>  
<http://www.calfeedesign.com>  
<http://www.bici.net>  
<http://www.sheldonbrown.com>  
<http://www.supereva.com/preparazionealciclismo>  
<http://www.ing.unitn.it/~colombo/Saldatura%20per%20frizione/index.htm>