

Gli incidenti stradali in provincia di Bologna: una prima analisi

La rilevazione ufficiale degli incidenti stradali: problemi e criticità. La nascita dell'Osservatorio territoriale sull'incidentalità stradale in provincia di Bologna: aspetti innovativi e realizzazione. La serie storica dei sinistri stradali, dei deceduti e dei feriti. Natura, tipologia e localizzazione degli incidenti stradali. Gli incidenti nelle ore di punta ed il sabato sera. Il profilo demografico di conducenti, vittime, utenti deboli ed a rischio. L'individuazione delle tipologie di incidenti più gravi in termini di morti e feriti attraverso uno specifico metodo statistico di classificazione.

1. La rilevazione statistica ufficiale degli incidenti: caratteristiche e limiti

La rilevazione degli incidenti stradali avviata dall'Istat sin dagli anni cinquanta è risultato dell'azione congiunta e complessa di una molteplicità di enti: per ogni sinistro stradale le cui conseguenze hanno comportato il ferimento o il decesso di almeno una persona, le Forze dell'ordine sono infatti tenute a compilare il Rapporto statistico d'incidente stradale, ovvero il modello di rilevazione Istat CTT.INC. Le informazioni rilevate riguardano: data e localizzazione dell'incidente, natura dello scontro, circostanze e conseguenze del sinistro, tipo dei veicoli coinvolti, età e sesso di conducenti e vittime. Secondo le definizioni internazionali di incidente stradale sono esclusi dalla rilevazione tutti i sinistri che hanno provocato danni ai solo veicoli, considerando così soltanto quelli che hanno causato il ferimento o il decesso delle persone coinvolte nel sinistro. Ma nonostante la rilevazione esista da un così lungo tempo e nonostante le numerose innovazioni che hanno contribuito al miglioramento dei dati in termini di affidabilità e qualità, è possibile comunque che il fenomeno risulti ancora in qualche modo sottostimato. Può avvenire infatti che un certo numero di sinistri non sia rilevato dalle autorità competenti poiché il ricovero in ospedale delle persone coinvolte si sia in realtà verificato molte ore dopo l'incidente. Da questo punto di vista anche la corretta rilevazione delle persone decedute¹ non è esente da problemi e difficoltà: per le Forze dell'ordine, infatti, la rilevazione dei decessi a 30 giorni dalla data del sinistro rappresenta un'attività particolarmente complessa, poiché implica un contatto diretto con le istituzioni sanitarie, allo scopo di conoscere gli eventuali decessi dei feriti ricoverati. Come spesso accade, se questo tipo di comunicazione avviene sporadicamente il numero dei deceduti a causa di un incidente stradale può risultare sottostimato in misura significativa.

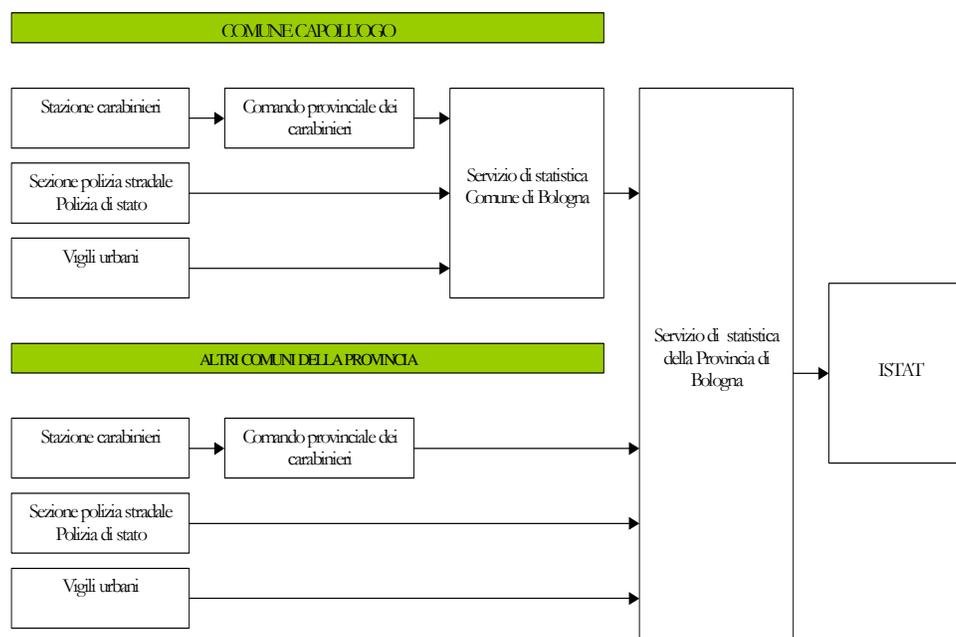
Considerate allora le competenze dell'Ente Provincia in materia di viabilità, progettazione e manutenzione stradale, è immediata l'importanza strategica assunta da un simile patrimonio informativo. Da questo punto di vista, risultano evidenti i vari limiti che caratterizzano le modalità di diffusione dei risultati definitivi dell'indagine, primo fra tutti l'impossibilità di georeferenziare le informazioni e procedere alla mappatura degli incidenti sul territorio. Un limite questo che, per quanto concerne le strade sotto la competenza della Provincia, è da ricondurre esplicitamente alle procedure di rilevazione e trattamento delle informazioni: i dati elementari diffusi dall'Istat, pur indicando l'eventuale denominazione della strada provinciale sulla quale si è verificato il sinistro a partire comunque solo dall'anno 2002, non forniscono alcuna informazione in merito alla "progressiva chilometrica", al numero civico o all'incrocio rendendo così impossibile la localizzazione e la successiva georeferenziazione dell'incidente.

2. L'Osservatorio provinciale sull'incidentalità stradale: fabbisogni informativi e realizzazione

Allo scopo di migliorare la qualità della rilevazione e di disporre di una base di dati utile alla realizzazione di studi sulla rischiosità di tratti stradali o percorsi della rete viaria provinciale, è nato l'Osservatorio provinciale sull'incidentalità stradale. La Provincia di Bologna, a seguito di una convenzione con l'Istat ed a specifici accordi con Prefettura, Forze dell'ordine ed il Comune capoluogo, coordina adesso a livello locale le attività di rilevazione e gestione informatica dei rapporti di incidentalità stradale. Dal maggio 2002, infatti, mese in cui la convenzione è divenuta operativa, le Polizie municipali, i Carabinieri e la Polizia stradale che operano sul territorio provinciale trasmettono all'Osservatorio le schede Istat da loro compilate². A differenza di quanto avveniva in precedenza, la gestione diretta del flusso informativo e le capillari relazioni instaurate con le autorità incaricate della rilevazione facilitano ora il controllo e la verifica dei dati rilevati e successivamente trasmessi all'Istat, offrendo la possibilità di meglio integrare le eventuali schede parzialmente compilate. Ma cosa più importante, è adesso possibile rilevare con la dovuta precisione la localizzazione dei sinistri, rendendo in questo modo possibile le procedure di georeferenziazione e mappatura degli incidenti. I dati rilevati sono ora completi nelle descrizioni concernenti la denominazione ed – in buona parte – la progressiva chilometrica sia che si tratti di strade comunali, provinciali o statali. Sono inoltre state già avviati dei rapporti di collaborazione con l'Azienda Sanitaria Bologna Nord, la quale ha già realizzato un database sugli interventi del Servizio di 118 nei casi di incidente stradale. Lo scopo è infatti quello di arrivare all'integrazione in un unico sistema informativo dei dati rilevati dalle Forze dell'ordine e dal Servizio di 118, in modo da migliorare la qualità dei dati, rendere

più ampio lo spettro delle informazioni a disposizione ed, infine, sopperire anche alle eventuali sottostime a cui più sopra si è fatto cenno.
 Nel seguente prospetto è illustrato il flusso informativo relativo alla raccolta e alla trasmissione delle schede del “Rapporto statistico di incidente stradale”.

Fig. 1 - *Il flusso informativo relativo al “Rapporto statistico di incidente stradale”*



3. Le tendenze degli incidenti stradali negli anni novanta

Per quanto riguarda l'anno 2002, si sono verificati mediamente quasi 15 incidenti al giorno, con più di 20 feriti giornalieri e circa un decesso ogni 3 giorni. Confrontando poi i dati relativi a 2001 e 2002, si nota per l'ultimo anno di osservazione un consistente rialzo degli incidenti (+378), dei feriti (+568) e dei morti (+16). In realtà, questi aumenti sono in parte riconducibili all'effetto della migliorata qualità della rilevazione ed ai contatti diretti attivati con le polizie municipali per cui è stato possibile considerare anche gli incidenti avvenuti in quei comuni che prima della costituzione dell'Osservatorio non trasmettevano i rapporti di incidentalità all'Istat.

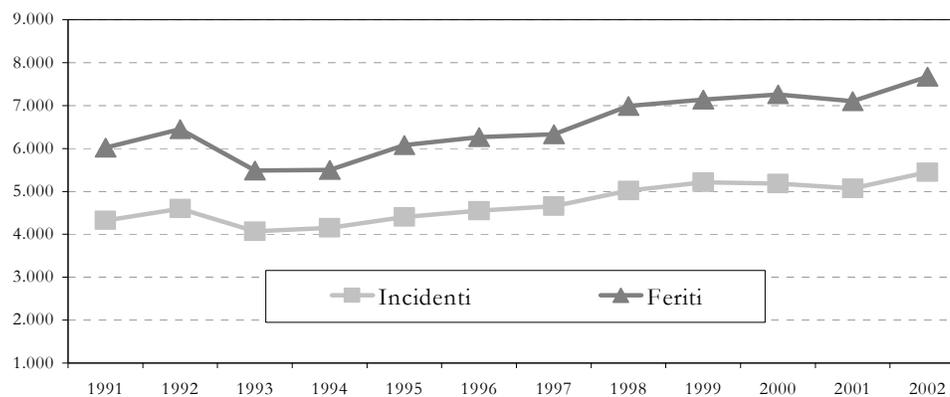
Tab. 1 - Incidenti stradali, morti e feriti. Provincia di Bologna, 1991-2002

	Incidenti	Feriti	Morti	Indice di mortalità
1991	4.323	6.022	174	4,0
1992	4.598	6.449	162	3,5
1993	4.066	5.483	137	3,4
1994	4.149	5.499	138	3,3
1995	4.401	6.078	165	3,7
1996	4.545	6.262	133	2,9
1997	4.654	6.335	160	3,4
1998	5.019	6.992	121	2,4
1999	5.210	7.142	124	2,4
2000	5.183	7.262	137	2,6
2001	5.066	7.103	127	2,5
2002	5.444	7.671	143	2,6

Fonte: Istat, 1991-2002

La tendenza di lungo periodo relativa all'ultimo decennio risulta comunque in rialzo: in particolare, durante tutto il corso degli anni novanta, sono risultati in aumento sia il numero degli incidenti che il numero dei feriti (si vedano la tabella 1 e la figura 2). Tra le possibili spiegazioni di questo trend ipotizziamo il costante aumento dei volumi di veicoli circolanti avvenuto nel corso dello stesso periodo.

Fig. 2 - Incidenti stradali e feriti. Provincia di Bologna, 2002
(Fonte: Istat)

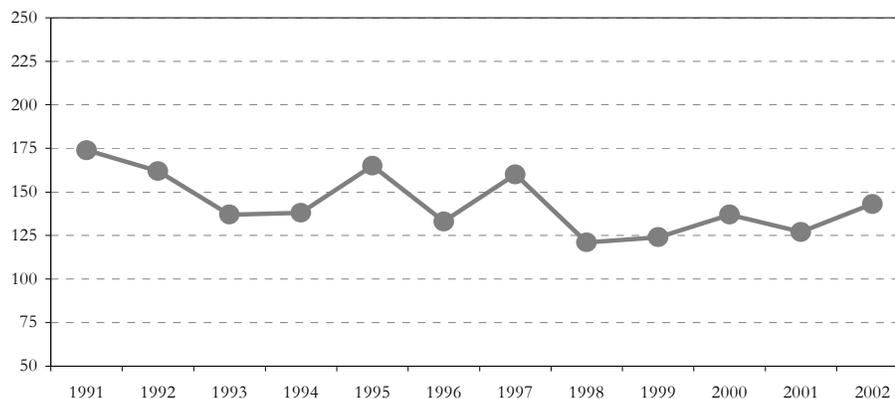


Tuttavia, nel corso dell'ultimo decennio, la mortalità legata al fenomeno degli incidenti stradali vede una sensibile contrazione: mentre i sinistri stradali au-

mentano in termini assoluti dai 4.323 del 1991 ai 5.444 del 2002, i decessi invece diminuiscono da 174 a 143, producendo così un'evidente riduzione dell'indice di mortalità: da 4,0 a 2,6 (tabella 1 e la figura 3). Una tendenza questa che può essere interpretata alla luce degli effetti di importanti cambiamenti normativi (obbligatorietà delle cinture di sicurezza e del casco, riduzione dei limiti di velocità, etc.) e dei migliorati sistemi di sicurezza presenti sulle automobili (airbag, sistemi di frenata, etc.).

Fig. 3 - Decessi per incidenti stradali. Provincia di Bologna, 2002

(Fonte: Istat)



4. Principali tipologie degli incidenti stradali

Alla figura 4 sono considerate le principali tipologie di incidenti stradali avvenuti in provincia di Bologna nel 2002, da cui si evince come la tipologia di sinistro più frequente siano soprattutto gli scontri frontali-laterali, laterali ed i tamponamenti. Risultano invece meno frequenti gli investimenti di pedone e le tipologie che prevedono urti di veicoli in marcia contro “veicoli fermi o altri ostacoli” (all'incirca 500 casi). Come prevedibile, inoltre, considerando il numero di morti causati da queste specifiche tipologie di incidente, il 23 ed il 20 per cento dei decessi per incidente sono stati causati rispettivamente da scontri di tipo frontale-laterale e frontale. Risulta poi relativamente alta la proporzione di decessi da imputare agli investimenti pedonali (12 per cento). Particolarmente rischiosi appaiono anche i sinistri classificati nella categoria dei “veicoli in marcia senza urto” che comprendono sbandamenti, fuoriuscite, infortuni per frenate improvvise o cadute dai veicoli e che raccolgono il 23 per cento delle vittime decedute (si veda in proposito la figura 5).

Si osserva inoltre (figura 6) che le autovetture rappresentano il 67 per cento dei veicoli complessivamente rilevati; molto minori le percentuali di ciclomotori (11 per cento), motocicli (9), autocarri, autotreni ed autoarticolati (8).

Fig. 4 - Incidenti stradali e feriti per natura del sinistro.
Provincia di Bologna, 2002

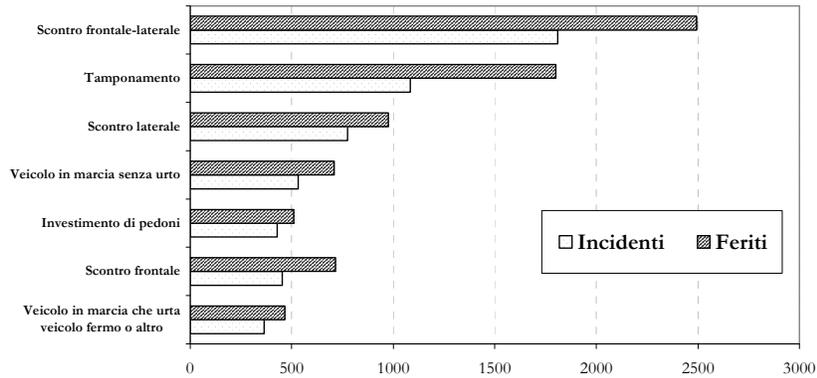


Fig. 5 - Morti per natura degli incidenti. Provincia di Bologna, 2002

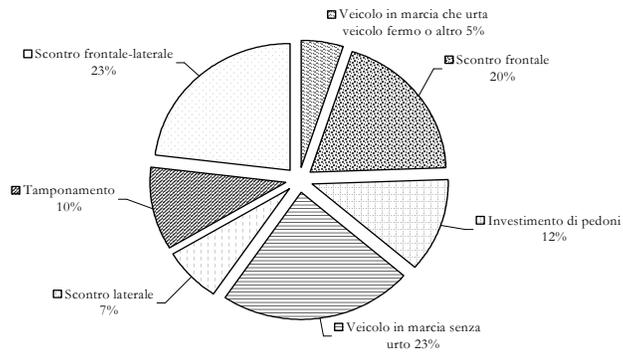
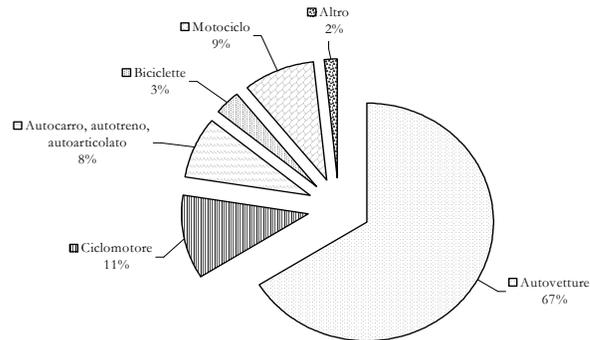


Fig. 6 - Tipologia dei veicoli coinvolti. Provincia di Bologna, 2002



5. Localizzazione e georeferenziazione dei sinistri

Ben oltre la metà degli incidenti stradali del 2002 in provincia di Bologna si sono verificati in un contesto urbano: oltre il 64 per cento dei sinistri, infatti, è avvenuto su strade comunali urbane, raccogliendo ad ogni modo una più contenuta proporzione di morti (il 29,8 per cento) e presentando di conseguenza un minor indice di mortalità (tabella 2). Molto più gravi, invece, gli incidenti avvenuti in autostrada dove ad un numero molto inferiore di sinistri corrispondono elevati indici di mortalità, lesività ed infortunio a conferma della pericolosità di questo tipo di strada³. Considerando poi le strade provinciali e statali, la tabella 2 mostra come queste registrino un indice di mortalità mediamente superiore alle comunali urbane ed extraurbane.

Tab. 2 - Incidenti stradali, morti e feriti per tipo di strada. Indici di mortalità, lesività ed infortunio. Provincia di Bologna, 2002.

	Incidenti %	Morti %	Feriti %	Indice di mortalità	Indice di lesività	Indice di infortunio
Comunale urbana	64,1	29,4	59,7	1,2	131,2	132,4
Comunale extraurbana	3,6	4,2	3,6	3,1	140,8	143,9
Provinciale	13,9	28,7	14,6	5,4	148,5	154,0
Statale	7,7	14,0	8,0	4,8	146,1	150,8
Autostrada	10,3	23,1	13,7	5,9	187,7	193,6
Altra Strada	0,4	0,7	0,4	4,5	127,3	131,8
Totale	100,0	100,0	100,0	2,6	140,9	143,5

Fonte: Istat

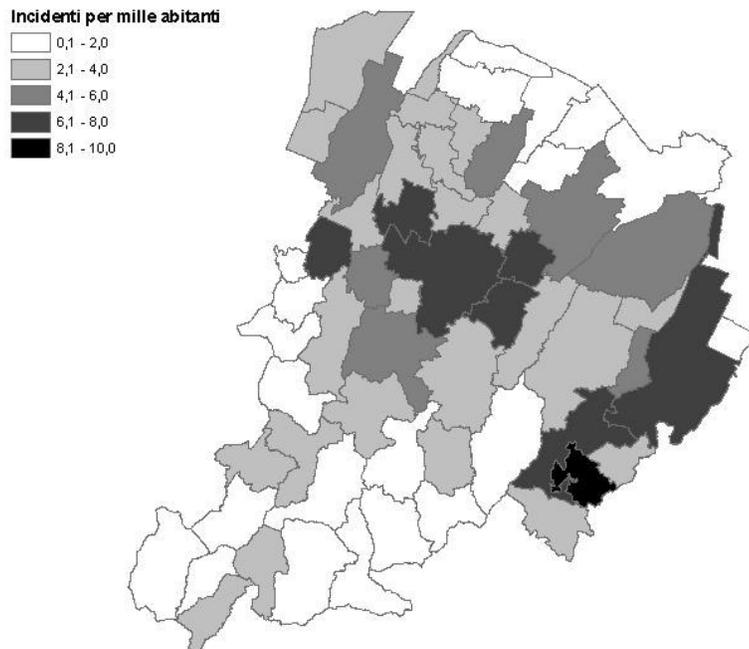
Alla tabella 3 abbiamo riportato i principali indicatori di incidentalità stradale per i vari comuni della provincia. I seguenti cartogrammi illustrano l'incidenza ogni mille abitanti di sinistri e decessi nei vari comuni della provincia. È importante sottolineare che i vari indicatori presentati sia alla tabella 3 che nei cartogrammi non considerano i sinistri avvenuti in autostrada, così come anche i morti ed i feriti causati da questi incidenti. Appaiono subito elevati, come risulta dal primo cartogramma, la frequenza degli incidenti a Bologna (7,3 incidenti ogni mille abitanti), in due centri immediatamente limitrofi al capoluogo (San Lazzaro e Castenaso) ed in vari comuni dell'Imolese (Imola, Casalfiumanese, Fontanelice) attraversati dalla Selice Montanara, ex statale 610. Ancora all'Imolese appartiene il comune di Castel del Rio, che registra il numero di decessi ogni mille abitanti (0,8) ed il costo sociale⁴ per abitante (1.240 euro) più elevato (sebbene sia presente la distorsione indotta dalla ridotta numerosità della popolazione e dei casi rilevati). Indici di mortalità e costi sociali per abitante significativamente elevati si registrano anche per Granarolo, Castenaso ed ancora per Casalfiumanese nell'imolese e - nella zona persicetana - per Anzola dell'Emilia, Sala e San Giovanni in Persiceto.

Tab. 3 - Incidenti stradali, morti, feriti e costi sociali per comune*. Provincia di Bologna, 2002

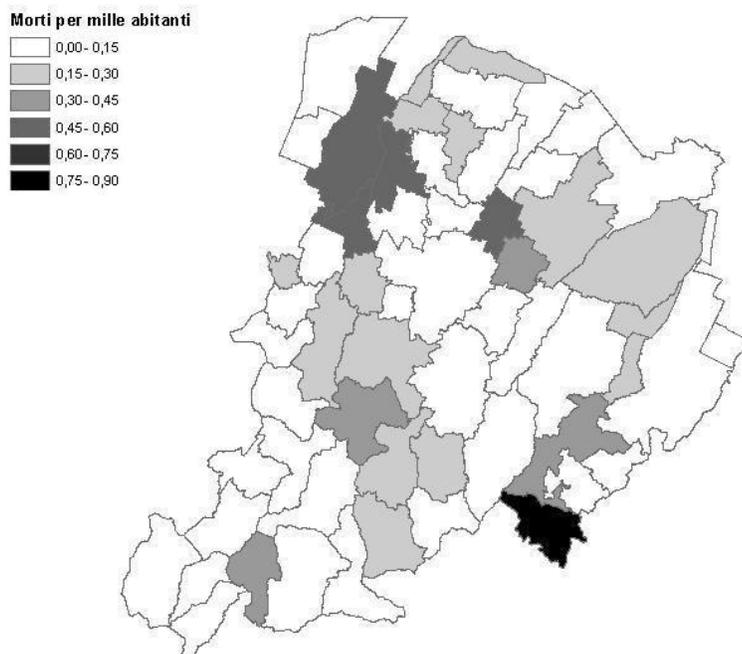
	Popolazione residente	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti su mille abitanti	Morti su mille abitanti	Costo sociale in migliaia €	Costo sociale* per abitante
Anzola dell'Emilia	10.534	42	5	51	4,0	0,5	9.006,8	855,0
Argelato	9.124	33	1	56	3,6	0,1	3.628,5	397,7
Baricella	5.727	2	0	2	0,3	0,0	79,8	13,9
Bazzano	6.171	5	1	6	0,8	0,2	1.633,8	264,8
Bentivoglio	4.633	25	0	38	5,4	0,0	1.516,0	327,2
Bologna	373.592	2.729	35	3.549	7,3	0,1	190.389,8	509,6
Borgo Tossignano	3.148	11	0	19	3,5	0,0	758,0	240,8
Budrio	15.718	89	3	143	5,7	0,2	9.888,2	629,1
Calderara di Reno	11.820	71	1	102	6,0	0,1	5.463,6	462,2
Camugnano	2.121	3	0	4	1,4	0,0	159,6	75,2
Casalecchio di Reno	33.859	131	0	168	3,9	0,0	6.702,2	197,9
Casalfiumanese	2.989	18	1	29	6,0	0,3	2.551,4	853,6
Castel d'Aiano	1.892	4	0	5	2,1	0,0	199,5	105,4
Castel del Rio	1.221	4	1	3	3,3	0,8	1.514,1	1.240,1
Castel di Casio	3.212	7	1	9	2,2	0,3	1.753,5	545,9
Castel Guelfo	3.573	10	1	14	2,8	0,3	1.953,0	546,6
Castello d'Argile	5.207	19	1	40	3,6	0,2	2.990,2	574,3
Castello di Serravalle	4.097	5	0	5	1,2	0,0	199,5	48,7
Castel Maggiore	16.231	38	0	60	2,3	0,0	2.393,7	147,5
Castel San Pietro Terme	19.552	64	0	79	3,3	0,0	3.151,6	161,2
Castenaso	13.567	94	6	129	6,9	0,4	13.513,0	996,0
Castiglione dei Pepoli	5.972	6	0	11	1,0	0,0	438,8	73,5
Crespellano	8.139	51	1	76	6,3	0,1	4.426,4	543,8
Crevalcore	12.060	29	0	36	2,4	0,0	1.436,2	119,1
Dozza	5.733	25	1	30	4,4	0,2	2.591,3	452,0
Fontanelice	1.873	16	0	22	8,5	0,0	877,7	468,6
Gaggio Montano	4.847	3	0	4	0,6	0,0	159,6	32,9
Galliera	5.267	8	1	11	1,5	0,2	1.833,3	348,1
Granaglione	2.138	7	0	13	3,3	0,0	518,6	242,6
Granarolo dell'Emilia	8.780	34	5	47	3,9	0,6	8.847,2	1.007,7
Grizzana Morandi	3.790	2	0	2	0,5	0,0	79,8	21,1
Imola	65.454	446	5	658	6,8	0,1	33.222,6	507,6
Lizzano in Belvedere	2.267	1	0	1	0,4	0,0	39,9	17,6
Loiano	4.250	17	1	27	4,0	0,2	2.471,6	581,5
Malalbergo	7.423	2	0	4	0,3	0,0	159,6	21,5
Marzabotto	6.344	23	2	31	3,6	0,3	4.025,6	634,6
Medicina	14.057	62	3	101	4,4	0,2	8.212,6	584,2
Minerbio	7.773	5	0	5	0,6	0,0	199,5	25,7
Molinella	14.048	2	0	2	0,1	0,0	79,8	5,7
Monghidoro	3.706	6	0	7	1,6	0,0	279,3	75,4
Monterenzio	5.253	9	0	12	1,7	0,0	478,7	91,1
Monte San Pietro	10.474	25	2	40	2,4	0,2	4.384,6	418,6
Monteveglia	4.613	8	0	11	1,7	0,0	438,8	95,1
Monzuno	5.663	1	1	5	0,2	0,2	1.593,9	281,5
Mordano	4.283	3	0	3	0,7	0,0	119,7	27,9
Ozzano dell'Emilia	10.573	30	1	39	2,8	0,1	2.950,3	279,0
Pianoro	16.500	60	1	85	3,6	0,1	4.785,4	290,0
Pieve di Cento	6.625	16	1	19	2,4	0,2	2.152,4	324,9
Porretta Terme	4.805	8	0	12	1,7	0,0	478,7	99,6
Sala Bolognese	6.571	26	3	38	4,0	0,5	5.699,3	867,3
San Benedetto V. di Sambro	4.398	7	1	7	1,6	0,2	1.673,7	380,6
San Giorgio di Piano	6.299	19	1	30	3,0	0,2	2.591,3	411,4
San Giovanni in Persiceto	24.248	143	11	194	5,9	0,5	23.078,3	951,8
San Lazzaro di Savena	29.582	196	4	264	6,6	0,1	16.109,8	544,6
San Pietro in Casale	10.208	15	0	24	1,5	0,0	957,5	93,8
Sant'Agata Bolognese	6.114	17	0	29	2,8	0,0	1.156,9	189,2
Sasso Marconi	13.985	63	3	83	4,5	0,2	7.494,5	535,9
Savigno	2.540	1	0	1	0,4	0,0	39,9	15,7
Vergato	7.008	17	1	31	2,4	0,1	2.631,2	375,5
Zola Predosa	16.169	72	4	96	4,5	0,2	9.407,6	581,8
Totale	927.820	4.885	110	6.622	5,3	0,1	417.567,3	450,1

Fonte: Istat. *Sono esclusi gli incidenti, i ferimenti ed i decessi nelle autostrade.

Cartogramma 1 – Incidenti per mille abitanti nei comuni della provincia di Bologna*, 2002



Cartogramma 2 – Morti in incidenti per mille abitanti nei comuni della provincia di Bologna*, 2002



*Sono esclusi gli incidenti ed i decessi avvenuti in autostrada.

6. Gli incidenti secondo l'orario e i giorni della settimana

La figura seguente, per il periodo dal 1997 al 2002, mette in evidenza le ore della giornata per cui si registra il maggior numero di incidenti stradali. La distribuzione mostra infatti come i rialzi dell'incidentalità avvengono in corrispondenza delle 8 del mattino e dell'intervallo tra le 17 e le 19, ovvero quelle in quelle ore caratterizzate da più intensi flussi di traffico dovuti agli spostamenti casa-lavoro. Ad ogni modo, la distribuzione degli incidenti mortali per ora nei soli giorni di sabato e domenica (figura 8) mette bene in evidenza la rischiosità dell'intervallo tra le 2 e le 4 del mattino, caratterizzato rispetto agli altri giorni della settimana da una più alta concentrazione di sinistri, molto probabilmente da ricondurre al fenomeno di rientro dalle discoteche o da altri locali notturni.

A conferma di quanto appena osservato, vi è poi il confronto tra le due distribuzioni per giorno della settimana degli incidenti stradali in complesso e dei soli incidenti mortali (figure 9 e 10).

Risulta infatti evidente come gli incidenti mortali aumentino significativamente proprio nei giorni di sabato e domenica, confermando l'ipotesi della maggiore gravità dell'incidentalità proprio durante il fine settimana.

Fig. 7 - Incidenti stradali per ora. Provincia di Bologna, 1997-2002

(Fonte: Istat)

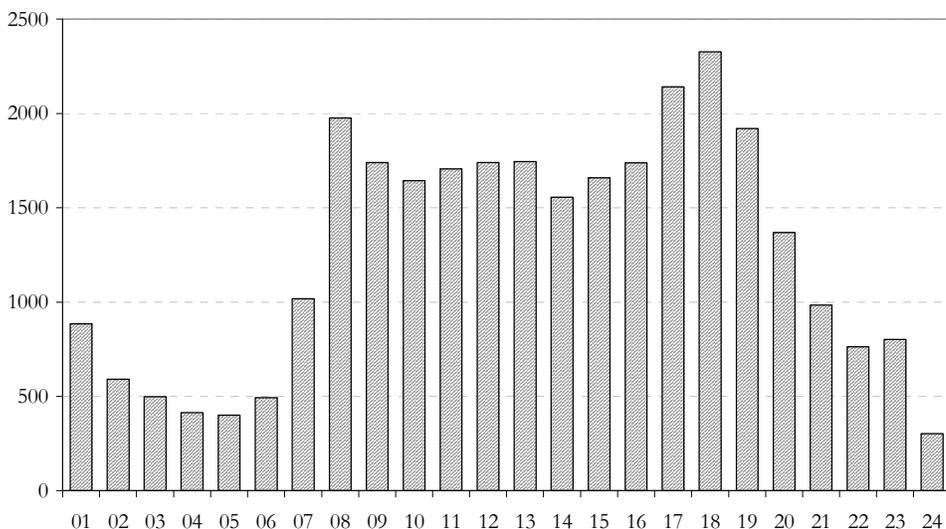


Fig. 8 - Incidenti mortali avvenuti il sabato e la domenica per ora.
Provincia di Bologna, 1997-2002

(Fonte: Istat)

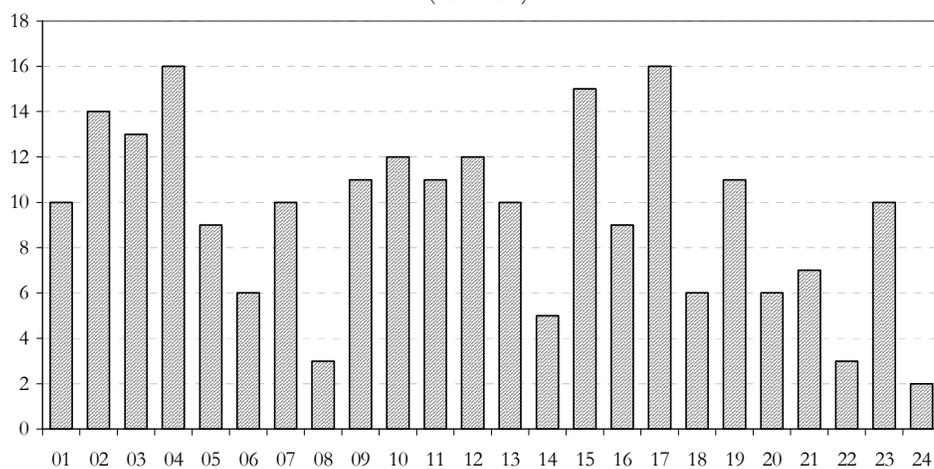
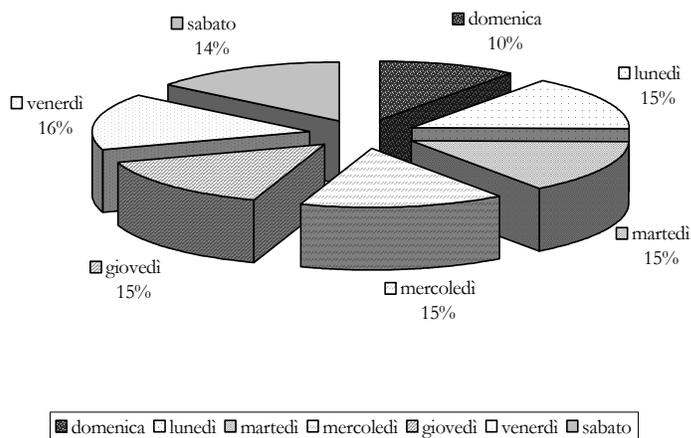
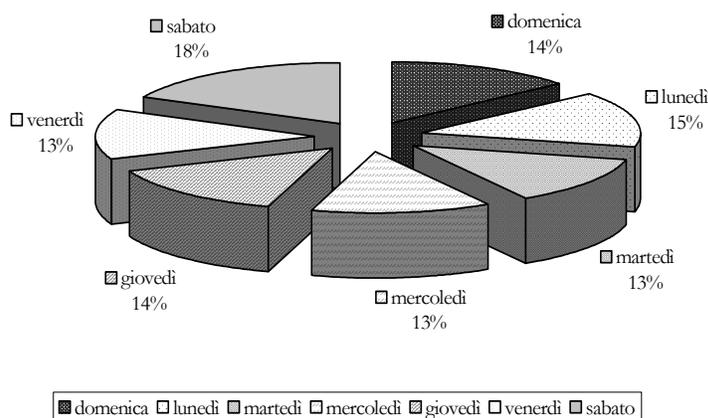


Fig. 9 - Incidenti stradali per giorno della settimana.
Provincia di Bologna, 1997-2002

(Fonte: Istat)



**Fig. 10 - Incidenti mortali per giorno della settimana.
Provincia di Bologna, 1997-2002**
(Fonte: Istat)



7. Le vittime della strada: un profilo demografico

In questo paragrafo tratteremo brevemente un profilo delle persone coinvolte negli incidenti stradali rispetto alle variabili sesso ed all'età. La figura 11 mostra il grafico relativo ai conducenti rilevati negli incidenti del 2002 (siano essi deceduti, feriti o rimasti incolumi). Appare evidente come i conducenti coinvolti siano soprattutto giovani di sesso maschile (gli istogrammi raggiungono infatti i valori più elevati tra gli uomini compresi tra i 25 ed i 35 anni), mentre appare visibilmente inferiore l'incidenza delle conducenti donne. Diversamente, tra i passeggeri rimasti feriti o deceduti a seguito di un incidente (figura 12) le donne prevalgono in quasi tutte le fasce di età, in modo particolare in quelle più anziane. Considerando infine le persone rimaste coinvolte come pedoni (figura 13 relativa sia a pedoni feriti che deceduti) rispetto ai grafici dei conducenti e dei passeggeri spicca l'evidente consistenza delle fasce più anziane, delineando una specifica figura di utente debole.

Fig. 11 - Conducenti per età e sesso. Provincia di Bologna, 2002

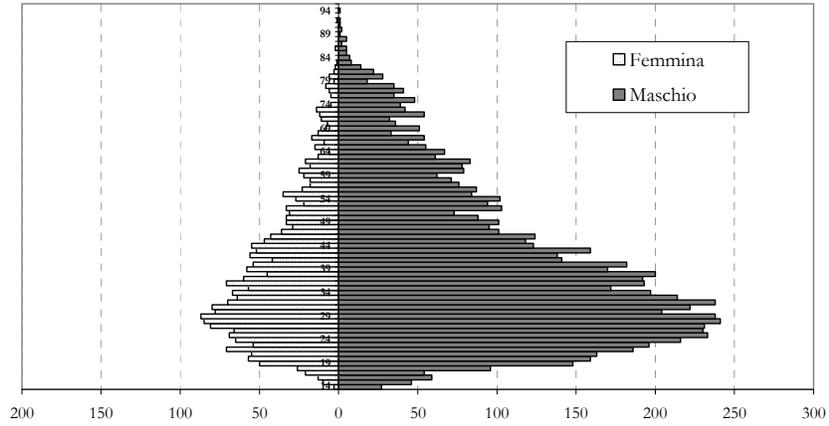


Fig. 12 - Passeggeri per età e sesso. Provincia di Bologna, 2002

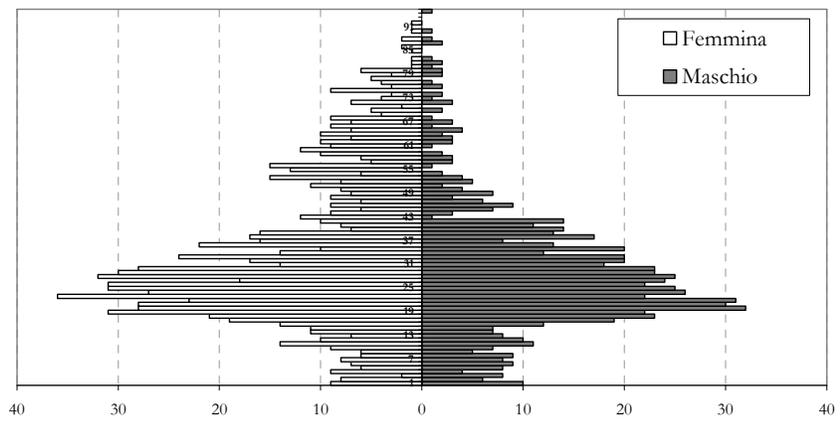
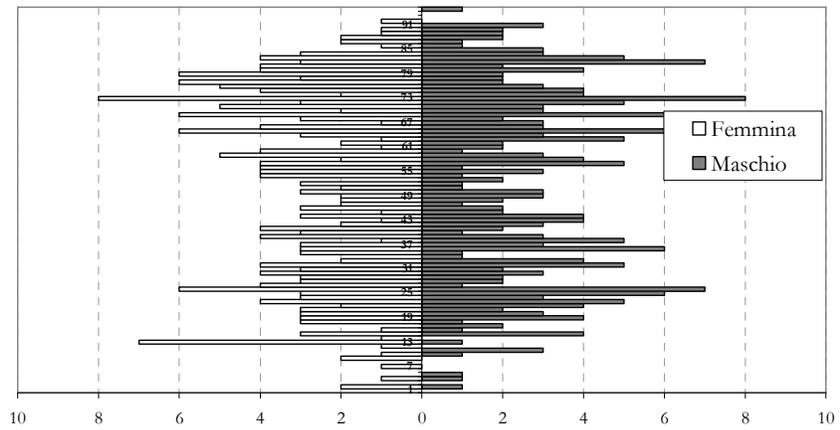


Fig. 13 - Pedoni per età e sesso. Provincia di Bologna, 2002



8. Lo studio delle cause/determinanti del numero di morti e feriti: l'applicazione di un metodo di classificazione gerarchica

Dopo le statistiche descrittive presentate nei paragrafi precedenti illustriamo i risultati dell'applicazione di una più specifica e particolareggiata analisi statistica condotta utilizzando alberi decisionali, in particolare alberi di classificazione e regressione. L'obiettivo di tale analisi è stato quello di meglio delineare l'insieme di relazioni e fattori che contribuiscono a determinare il numero di morti e feriti per ciascun sinistro, in modo da definire le tipologie di incidenti più gravi in termini di lesività, vite umane e conseguentemente di costi sociali.

8.1 Introduzione: una breve nota sulla metodologia adottata

La procedura statistica utilizzata permette di rappresentare la struttura dei dati per mezzo di grafi ad alberi. In particolare, si tratta di metodi che hanno lo scopo di suddividere i dati iniziali in gruppi che siano il più possibile omogenei, consentendo quindi di individuare, nel nostro caso, tipologie di incidenti con grado di rischiosità simile. Tale tecnica denominata CART (Classification And Regression Trees) presenta i suoi risultati nella forma di alberi di decisione, consentendo di trattare strutture di dati molto complesse, con grandi quantità di osservazioni e variabili, ed individuare più facilmente i possibili raggruppamenti degli incidenti⁵. In particolare, per semplificare l'esposizione dei risultati si eviterà di presentare in questa sede i grafi di output ottenuti, limitandoci a commentare e presentare in forma di tabelle i gruppi individuati dall'analisi.

8.2 Analisi delle cause/determinanti che influenzano il numero di feriti

Per studiare l'insieme di cause e fattori che condizionano il numero di feriti negli incidenti stradali verificatisi nella provincia di Bologna tra il 1997 e il 2002, sono state considerate le variabili indipendenti (riportate alla tabella 4). L'albero di regressione, ottenuto con la metodologia CART, ha individuato 8 gruppi di incidenti. Come si può osservare anche alla tabella 5, tali gruppi differiscono sia per la numerosità (da 15 a 9517 incidenti) e sia per il numero medio di feriti (da un minimo di 1,01 ad un massimo di 4,4). La media dei feriti per incidente calcolata per il complesso delle osservazioni è pari a 1,4. Si può innanzitutto osservare che la prima suddivisione viene fatta separando gli incidenti verificatisi con la presenza di almeno un ciclomotore da tutti gli altri. In particolare i primi presentano un numero medio di feriti inferiore (1,2 contro 1,5).

Tab. 4 - Variabili esplicative

Variabili	Descrizione
ANNO	Anno in cui si è verificato l'incidente.
MESE	Mese in cui si è verificato l'incidente.
ORA	Ora in cui si è verificato l'incidente.
ABITATO	Localizzazione dell'incidente nell'abitato o fuori dall'abitato.
METEO	Condizioni meteorologiche.
TIPO STRADA	Tipo di strada: carreggiata a senso unico, a doppio senso, etc.
PAVIMENTAZIONE	Pavimentazione (strada pavimentata, dissestata, etc.)
FONDO STRADALE	Fondo stradale (asciutto, bagnato, etc.)
INTERSEZIONE	Luogo dell'incidente all'intersezione o non all'intersezione.
BICI	Incidente con coinvolgimento di bicicletta.
AUTO	Incidente con coinvolgimento di autovettura.
BUS	Incidente con coinvolgimento di bus.
AUTOCARRO	Incidente coinvolgimento di autocarro.
CICLOMOTORE	Incidente con coinvolgimento di ciclomotore.
MOTO	Incidente con coinvolgimento di moto.
ALTRI	Incidente con coinvolgimento di altri tipi di veicoli.
IGNOTO	Incidente con coinvolgimento di veicolo rimasto ignoto.

Tab. 5 - Studio del numero di feriti: descrizione dei gruppi di incidenti individuati

Gruppo	Numero medio feriti	Incidenti	Percentuale di incidenti	Descrizione sintetica
A	1,0	1.428	4,67	Incidenti con ciclisti su urbane, comunali o provinciali
B	1,1	7.721	25,25	Incidenti con ciclomotori
C	1,2	3.339	10,92	Incidenti con motocicli su urbane, comunali o provinciali
D	1,3	578	1,89	Incidenti con autocarri su autostrade e statali non urbane
E	1,4	9.517	31,13	Incidenti senza mezzi a due ruote su urbane, comunali o provinciali in giorni lavorativi
F	1,7	3.461	11,32	Incidenti senza mezzi a due ruote su urbane, comunali o provinciali di sabato o domenica
G	1,8	4.517	14,77	Incidenti con auto senza ciclomotori su autostrade e statali non urbane
H	4,4	15	0,05	Incidenti con autobus su autostrade e statali non urbane
Radice	1,4	30.576	100	Incidenti in complesso

Gli incidenti che presentano un minor numero medio di feriti sono quelli che coinvolgono almeno un ciclista, un ciclomotore o una motocicletta: i gruppi A, B, e C presentano un valore medio di feriti prossimo a 1. E' presumibile infatti che in queste tipologie di incidenti a rimanere feriti siano quasi esclusivamente i conducenti delle biciclette, dei ciclomotori o delle motociclette. La presenza di un autocarro si trova nel nodo D, in cui gli incidenti avvenuti su autostrade, e statali fuori abitato hanno una media di feriti pari a 1,2.

È possibile vedere come il gruppo E costituisce il nodo di maggiore numerosità (circa il 31% del totale degli incidenti) con un numero medio di feriti simile a quello del totale degli incidenti. Rappresenta la tipologia più frequente: incidenti su strade urbane in giorni lavorativi e senza coinvolgimento di mezzi a due ruote.

I gruppi F, G e H sono invece quelli che presentano un più elevato numero medio di feriti. Si vede infatti come il gruppo F è sostanzialmente costituito da incidenti verificatisi in centri abitati in giorni festivi (sabato e domenica) e che non coinvolgono mezzi a due ruote. È possibile inoltre osservare come il gruppo G raccolga gli incidenti avvenuti fuori dal centro abitato che hanno coinvolto almeno una automobile e nessun ciclomotore e che presentano un valore medio di feriti superiore di circa il 29% del valore medio dei feriti per tutti gli incidenti. Infine, il gruppo H è quello con il numero medio di feriti più elevato (più del doppio rispetto alla media calcolata per gli incidenti in complesso). Tale gruppo contiene 15 incidenti verificatisi su autostrade e statali fuori dal centro abitato con almeno un mezzo di trasporto pubblico.

Si può quindi concludere che il tipo di veicolo coinvolto, il giorno della settimana e il luogo in cui si verificano gli incidenti sono le variabili che più influenzano il numero di feriti.

E' interessante notare come dall'analisi svolta non sia emerso alcun trend di medio periodo né una evidente stagionalità (le variabili relative all'anno e al mese non sono state coinvolte nella definizione delle suddivisioni in gruppi), come pure non sembrano avere effetto le condizioni stradali. È emerso invece il lieve effetto del giorno feriale/festivo, ma solo per alcuni particolari tipi di incidenti (si vedano i gruppi F ed E).

8.3 Analisi delle cause/determinanti che influenzano il numero di morti

Per l'analisi delle discriminanti del numero di morti, sono state considerate le variabili indipendenti già usate per lo studio dei feriti ed elencate nella tabella 4. Come si può vedere dalla tabella 6, il numero di incidenti mortali è molto basso rispetto al totale degli incidenti (complessivamente si tratta del 2,4%); di conseguenza una analisi di regressione per la spiegazione del numero

di morti risulterebbe di scarsa utilità (considerazioni simili scongiurerebbero anche una analisi di regressione limitata ai soli incidenti con almeno un morto).

Tab. 6 – Distribuzione degli incidenti per numero di morti. Provincia di Bologna, 1997-2002

Numero di morti	Incidenti
0	29.839
1	682
2	45
3	5
4	2
5	1
6	2
Totale incidenti	30.576

In questa situazione, è possibile studiare la rischiosità degli incidenti ricorrendo ad un albero di regressione, in cui la variabile dipendente è rappresentata dalla presenza o dalla assenza di almeno una vittima. Per questo motivo è stata introdotta nell'analisi una nuova variabile che assume valore 0 per gli incidenti senza decessi e valore 1 per tutti gli altri. Questa nuova variabile identifica due classi di incidenti (con o senza vittime) fortemente sbilanciate sia in termini numerici sia, soprattutto, in termini di rilevanza e costo sociale. In questo caso, la classe meno rilevante dal punto di vista numerico (con decessi) è tuttavia la più rilevante da un punto di vista sociale. Mediante la specificazione di opportuni parametri che permettono di tener conto di questa asimmetria, gli alberi di classificazione possono individuare tipologie di incidenti che presentano rischiosità (valutata in termini di presenza di vittime) particolarmente elevate oppure particolarmente ridotte.

L'albero di classificazione, ottenuto con la metodologia CART, ha individuato 11 gruppi di incidenti. Come mostra la tabella 7, tali gruppi differiscono sia per la numerosità (da 37 a 11681 incidenti), sia per la percentuale di incidenti con almeno un morto: da un minimo di 0,7% ad un massimo di 24,3% (la percentuale di incidenti con almeno un morto calcolata considerando tutti gli incidenti è pari a 2,4%). In particolare, i gruppi che presentano percentuali di incidenti con almeno un morto superiori a quella calcolata per il complesso degli incidenti sono stati evidenziati alla tabella 4 in grigio. Complessivamente si nota come in tali incidenti si verifichino oltre l'80% degli incidenti con decessi, mentre essi rappresentano solo il 48% del totale degli incidenti verificatisi nei sei anni. Si può concludere, quindi che questo insieme di incidenti concentra la maggior parte di incidenti con vittime. Questa elevata concentrazione evidenzia la buona capacità dell'albero di classificazione adottato di individuare gli incidenti più rischiosi.

In particolare, gli incidenti che risultano essere più rischiosi sono quelli che coinvolgono almeno un motociclista e un autocarro (gruppo M alla tabella 7): la percentuale di incidenti con almeno un morto è infatti pari a 6 volte quella calcolata per gli incidenti in complesso (è da notare tuttavia anche la bassa numerosità di questo gruppo). C'è da osservare che in corrispondenza delle intersezioni su strade urbane, la rischiosità varia notevolmente in funzione del tipo di veicoli coinvolti così come il coinvolgimento di almeno un autocarro provoca modifiche rilevanti: la percentuale di incidenti con vittime passa infatti da 1,7% (gruppo C alla tabella 4) a 0,7% (gruppo A) in assenza di autocarri.

Tab. 7 - Studio del numero di morti: descrizione dei gruppi di incidenti individuati

Gruppo	Incidenti con almeno un morto (%)	Incidenti	Percentuale di incidenti	Descrizione sintetica
A	0,67	1.1681	38,20	Incidenti senza autocarri a intersezioni urbane
B	0,98	2.950	9,65	Incidenti con ciclomotori su urbane (non intersezioni)
C	1,68	1.131	3,70	Incidenti con autocarri senza ciclisti a intersezioni urbane
D	2,69	4.356	14,25	Incidenti senza autocarri su autostrade ed extraurbane dopo le 5.30
E	3,04	6.872	22,48	Incidenti senza ciclomotori su urbane (non intersezioni)
F	6,68	464	1,52	Incidenti senza autocarri su autostrade ed extraurbane prima delle 5.30
G	6,75	1.140	3,73	Incidenti senza autocarri su provinciali
H	7,61	1.814	5,93	Incidenti con autocarri senza motocicli su strade fuori abitato
I	14,29	70	0,23	Incidenti con ciclisti e autocarri a intersezioni urbane
L	16,39	61	0,20	Incidenti senza autocarri su autostrade ed extraurbane con macchine agricole o motocarri
M	24,32	37	0,12	Incidenti con autocarri e motocicli su non urbane
Radice	2,41	30.576	100	Incidenti in complesso

La presenza di ciclisti aumenta inoltre la rischiosità di tali incidenti, determinando una percentuale di incidenti mortali pari a 14,3% (gruppo I). Considerando poi gli incidenti avvenuti su strade urbane e non su un'intersezione si nota come il coinvolgimento di un ciclomotore non provoca un aumento della rischiosità (gruppi B e E). Gli incidenti che si verificano al di fuori di centri abitati (gruppi D, F, G, L) risultano essere in generale particolarmente rischiosi e il coinvolgimento di almeno un autocarro (gruppo H) rende tale rischio ancora più elevato. Il gruppo L rappresenta incidenti con una rischiosità alta (16,4% di incidenti mortali) verificatesi con il coinvolgimento di macchine agricole o motocarri.

In conclusione, come per il numero di feriti, anche per la rischiosità, il tipo di veicolo coinvolto, l'ora e il luogo sono le variabili che più influenzano la percentuale di incidenti con vittime, mentre non sembrano avere effetto le condizioni stradali (le variabili riguardanti la pavimentazione ed il fondo non sono coinvolte nella costruzione dell'albero di regressione), né le condizioni meteorologiche.

9. Considerazioni conclusive

Pur in presenza del lieve aumento che ha caratterizzato il numero degli incidenti, il fenomeno dell'incidentalità nel territorio bolognese ha visto nel corso degli anni novanta una significativa riduzione della mortalità, dovuta probabilmente all'effetto di importanti cambiamenti normativi e dei migliorati dispositivi di sicurezza. Ad ogni modo, un numero rilevante di decessi è da ricondurre – oltre che a sinistri come scontri, sbandamenti e fuoriuscite – agli investimenti di pedoni. In particolare, si è mostrata la preponderanza delle fasce di età più anziane tra le vittime di investimenti. Si è inoltre messo in evidenza come le tipologie di strada più rischiose risultino essere quelle statali ed autostradali. L'analisi della distribuzione territoriale degli incidenti ha poi evidenziato come per Bologna, in alcuni comuni limitrofi e nell'imolese si registri un elevato numero di incidenti per abitante. L'applicazione di una più specifica metodologia statistica di classificazione ha permesso di identificare alcune tipologie di incidenti, in base al grado di rischiosità. Per quanto riguarda gli incidenti con feriti abbiamo osservato come il tipo di veicolo coinvolto, il luogo (fuori o entro i centri urbani) siano le variabili che più influenzano il numero di feriti. Il coinvolgimento di autobus aumenta notevolmente il numero medio di feriti, risultando la tipologia maggiormente lesiva, anche se numericamente poco frequente. L'analisi sugli incidenti mortali ha permesso inoltre di meglio individuare alcune tipologie di incidenti con un'elevata rischiosità. Tale rischiosità aumenta notevolmente su strade a veloce percorrenza (autostrade ed extraur-

bane). Risultano di elevata rischiosità anche gli incidenti che coinvolgono un ciclista, da cui emerge la necessità di proteggere in modo adeguato questa categoria più debole.

Riferimenti bibliografici

Amato R., *Alcune iniziative Istat nell'incidentalità stradale*, Intervento al convegno su "La sicurezza stradale e la mobilità sostenibile" presso la Provincia di Milano – Istat, 1999
Borsari S., Mazzoni M., *I dati Istat anni 1997-2000*, Provincia di Bologna – Osservatorio Incidentalità, 2001

Breiman L., Friedman J. H., Olshen R. A., Stone C. J., *Classification and Regression Trees*. Chapman & Hall, New York – London, 1984

Istat, *Istruzioni per la rilevazione statistica degli incidenti stradali*, in "Metodi e norme", Serie B, n. 28, 1990

Pennini L., Putignano C., *I costi sociali degli incidenti stradali*, in "Rivista giuridica della circolazione e dei trasporti", Quaderno n. 29, 1999

¹ A partire dal 1° gennaio 1999, l'Istat ha esteso da 7 a 30 giorni, il periodo di tempo necessario alla contabilizzazione del numero dei decessi degli incidenti stradali.

² In realtà, è già in fase di avanzata sperimentazione il nuovo sistema di inserimento e trasmissione dei rapporti di incidente stradale via web, che consentirà di produrre e visualizzare in tempo reale prospetti e sintesi statistiche.

³ Indice di mortalità: rapporto tra numero dei morti ed il numero degli incidenti moltiplicato per 100; indice di lesività: rapporto tra numero dei feriti e degli incidenti moltiplicato per 100; indice di infortunio: rapporto tra la somma di morti e feriti ed il numero degli incidenti moltiplicato per 100.

⁴ Il costo sociale (in migliaia di euro correnti riferiti all'anno 2000): valuta il costo sociale dei morti e dei feriti medi annui attraverso la formula: $((\text{morti} * 1394,43) + (\text{feriti} * 39,89))$.

⁵ CART (Classification And Regression Trees) è una metodologia introdotta da Breiman et al. (1984). Si tratta di un metodo di partizione ricorsiva (segmentazione gerarchica) che consente di suddividere le unità statistiche in gruppi che siano, con riferimento ad una variabile dipendente, il più possibile omogenei al loro interno ed il più possibile diversi tra loro. Questi gruppi vengono definiti sulla base dei valori assunti dalle variabili indipendenti. In particolare questi gruppi vengono ottenuti in modo ricorsivo, suddividendo ad ogni passo i gruppi ottenuti al passo precedente, fino al verificarsi di opportuni criteri di arresto, che consentono di individuare il numero ottimale di gruppi (detti anche nodi terminali). Il processo di segmentazione può essere rappresentato mediante un albero binario, in cui ogni nodo rappresenta un gruppo di unità (il gruppo che contiene tutte le unità è detto nodo radice) e ogni biforcazione rappresenta una suddivisione di un gruppo (nodo genitore) in due sottogruppi (nodi figli). Ogni suddivisione viene fatta in modo da ridurre la variabilità della variabile dipendente all'interno dei due nodi figli. Questo criterio guida la scelta della variabile indipendente che a ogni passo viene usata per eseguire la suddivisione. Tale modo di agire permette anche di eseguire una selezione automatica delle variabili indipendenti. L'ordine con cui queste variabili compaiono nell'albero binario permette anche di individuare le interazioni esistenti tra di esse.